



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**JUHO MALMI**

**RAKENNETUN YMPÄRISTÖN TIETOMALLI?**

Merkitys, tietosisällöt ja käyttötarkoitukset alueidenkäytön tiedonhallinnassa

Diplomityö

Tarkastaja: professori Ari Hynynen

Ohjaajat: Jarmo Laitinen, Anssi Joutsiniemi

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talouden  
ja rakentamisen tiedekuntaneuvoston  
kokouksessa 9.12.2015

## TIIVISTELMÄ

**JUHO MALMI:** Rakennetun ympäristön tietomalli? – Merkitys, tietosisällöt ja käyttötarkoitukset alueidenkäytön tiedonhallinnassa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 90 sivua, 7 liitesivua

Huhtikuu 2016

Arkkitehtuurin koulutusohjelma

Pääaine: Yhdyskuntasuunnittelu

Tarkastaja: professori Ari Hynynen

Avainsanat: Alueidenkäyttö, rakentaminen, tiedonhallinta, tietovaranto, tietomalli, aluemalli, virtuaalimalli, virtuaaliympäristö

Suomalainen alueidenkäytön hallintajärjestelmä on *ympäristön seurannan, alueidenkäytön suunnittelun sekä maankäytön ja rakentamisen* muodostama kokonaisuus, jonka yksi keskeisistä toiminnoista on tiedonhallinta. Alueidenkäyttöön liittyvää tietoa on suuria määriä eri organisaatioiden ylläpitämissä moninaisissa järjestelmissä. Osa tiedosta tuotetaan säädösten perusteella ja osa organisaatioiden omiin tarpeisiin. Viimeaikoina alueidenkäytön tietovarantoja on alettu avata vapaasti käytettäviksi. Tässä työssä tarkastellaan alueidenkäytön hallintajärjestelmän rakennetta tiedonhallinnan näkökulmasta sekä tutkitaan tietovarantojen jatkokäyttöä aluemallinnuksen esimerkkien kautta. Työn tavoite on muodostaa kokonaiskuva alueidenkäytön tiedonhallinnan nykytilasta ja tulevaisuudesta.

Työ jakaantuu kahteen osaan. Kirjallisuustutkimusosa esittelee tärkeimmät ajankohtaiset alueiden käytön tiedonhallintaan liittyvät kehitys-, tutkimus-, standardointi- ja lainsäädännön hankkeet alueidenkäytön hallintajärjestelmän kehityksen näkökulmasta sekä pohtii alueidenkäytön ja rakentamisen tiedonhallinta yleisesti. Lisäksi se esittelee rakennusten ja alueiden tietomallintamisen periaatteita sekä virtuaaliympäristöjen roolia alueidenkäytön tiedonhallinnassa. Tutkimuksessa havaittiin suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän rakenteen pystyvän tukemaan tiedonhallinnan parantamista, vaikka tietovarantojen nykytila havaittiinkin kaoottiseksi. Lisäksi havaittiin, että alueidenkäytön tietovarantojen muodostama kokonaisuutta kannattaisi tutkia verkostanalyysin keinoin.

Kokeellisessa osassa tutkitaan kevyiden aluemallien mallinnusperiaatteita koemallinnuksien kautta sekä mallien jatkokäyttöä virtuaaliympäristöjen pohja-aineistona virtuaaliympäristöalustoilla tehtyjen kokeiden valossa. Tutkimus toteaa, että korkealaatuisiin virtuaaliympäristöihin tähtäävä mallinnusprosessi on edelleen käsityöpainotteinen, mutta malligeometrioiden laskennalliset käsittelyt vähentävät käsityön tarvetta ja parantavat mallien laatua. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että virtuaaliympäristöjen toteutus olisi järkevää joukkoistaa, ja että rakennusten tietomallit sopivat parhaiten virtuaaliympäristöjen sisätilojen esittämiseen ulkoalueista erillään olevassa linkitettyssä mallissa.

## ABSTRACT

**JUHO MALMI:** Built environment information model? – Its meaning, information content and use in land use information management

Tampere University of Technology

Master's thesis, 90 pages, 7 appendix pages

April 2016

Master's Degree Programme in Architecture

Major: Urban Planning and Design

Examiner: Professor Ari Hynynen

Keywords: Land use, construction, information management, information resource, information model, built environment model, virtual model, virtual environment

The Finnish land use management system, whose one main function is information management, consists of *environmental monitoring*, *land use planning* and *land use and building*. Large quantities of information related to land use is stored in diverse information systems of various organizations. The information is partly produced based on statutes and partly for the organizations' needs. Lately there has been a move towards opening those information assets for public use. This thesis contemplates the structure of the land use management system from the point of view of information management and studies the utilization of the information assets through examples of built environment modelling. The purpose is to form a comprehensive picture of the current state and future of the land use information management.

The thesis is divided in two parts. The literary review part summarizes the current key undertakings in development, research, standardization, and legislation of land use information management and discusses the information management in land use and construction in general. It also outlines the principles of building and built environment information modelling and the position of virtual environments in land use information management. This part demonstrates that the current structure of the Finnish land use management system can support improvements in information management, even if the current state was found nearly chaotic. It was also found that network analysis should be used to study the body of land use information assets.

The experimental part studies the modelling principles of built environments through test modelling and the use of the models as basis for virtual environments through testing of virtual environment platforms. This thesis concludes that while modelling efforts aimed at high quality virtual environments are still largely craft-oriented, the computational manipulation reduce the need for manual work and improve the models' quality. It was also found that crowd sourcing the production of virtual environments would be rational and that building information models would best fit presenting the indoors of virtual environments stored separate from the outdoors model and accessed through linking.

## ALKUSANAT

Vuonna 2005 tai 2006, kun aloittelin ArchiCAD-apuopena, Martti Lamppu kehotti minua ystävällisesti varomaan CAD-opettajien kohtaloa – myöhäistä valmistumista. Vastasin muistaakseni rehvakkaasti, että minähän valmistun tuota pikaa. Onko siitä todella kymmenen vuotta?

Vanhemmilleni, Kaisalle, ystäväilleni ja ohikulkijoille olen kertonut jo vuosia, että diplomi-työni on lähes valmis. Ja niinhän se tavallaan onkin ollut. Tavallaan. Ajatuksia on ollut, sisältöäkin on ollut, ja mennyt. Suunnittelun maailma muuttuu niin nopeasti, että kun yrittää verkalleen kirjoitella ajankohtaisesta aiheesta, se ei ikinä tule käsiteltyä. Pitkäaikainen esimieheni – työtoverini, Jarmo Laitinen sanoi aina: ”Puserra, puserra”.

Nykyinen työnantajani Senaatti-kiinteistöt oli lopulta se taho, joka teki tarjouksen, josta ei voinut kieltäytyä. Ja nyt, muutaman kuukauden intensiivisen naputtelun jälkeen sanoisin, ei tämä niin vaikeaa ollutkaan. Työlästä tosin, mutta ei vaikeaa. Mutta niinhän asiat aina ovat jälkeenpäin ajateltuna.

Haluan kiittää kaikkia edellisessä kolmessa kappaleessa mainittuja. Jos seuraavasta listasta joku unohtuu, älkää muistelko pahalla.

Haluaisin kiittää: Äitiä ja isää, perhettä. Kaisaa kumppanuudesta. Ystäviä. Lissua loppumusiikista. Eevaa, Tommia, Tommia, Jussia, Aksua, Maria, Villeä, Kerstiä jne. ystävyydestä. Kaikkia opiskelutovereita riemukkaista vuosista Tampereella. Martti Lamppua yhteisistä opetusvuosista. Jarmo Laitista yhteisistä labravuosista. Auli Karjalaista ohjauksesta. Muita Senaattilaisia kärsivällisyydestä.

Helsingissä 6.4.2016

Juho Malmi





# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Lähtökohtana aluetiedon kokonaisuuden hahmottaminen</b>	<b>4</b>
2.1	Alueidenkäyttö ja rakentaminen Suomessa	4
2.1.1	Alueidenkäytön hallintajärjestelmä	5
2.1.2	Paikkatietoaineistot ja -palvelut	6
2.2	Aluetietoon liittyvä viimeaikainen kehitystyö	6
2.2.1	Inspire-direktiivi ja kansallinen paikkatietostrategia	8
2.2.2	Kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut (KRYSP)	9
2.2.3	Sähköisen asioinnin ja demokratian vauhdittamisohjelma (SADe)	11
2.2.4	Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV)	12
2.2.5	SÄHKE-normistot ja Julkisen hallinnon standardisalkku	15
2.2.6	Pitkäaikaissäilytyksen suunnittelu- ja toteuttamishanke (PAS)	17
2.2.7	Built Environment Process Re-engineering (PRE)	19
2.2.8	Yhteenveto aluetietoon liittyvästä kehitystyöstä	21
2.3	Tiedonhallinnasta ja tiedon ylläpidosta yleisesti	22
2.3.1	Tiedonhallinta hankkeissa	25
2.3.2	Tilannekuvan ylläpito	31
2.3.3	Tiedon pitkäaikaissäilytys	33
2.3.4	Yhteenveto tiedonhallinnan tilanteesta	35
2.4	Rakennuksen tietomalli	36
2.4.1	Rakennuksen tietomallin käsitteen kehittyminen	38
2.4.2	Rakennusten inventointi ja rakennusmittaus	40
2.4.3	Rakennustiedon standardi IFC	41
2.4.4	Toimivatko rakennusten tietomallit yhteen aluetiedon kanssa?	44
2.5	Alueen tietomalli?	44
2.5.1	Paikkatietostandardi GML	48
2.5.2	Paikkatietostandardi KML	50
2.5.3	Infratiedon standardi LandXML	51
2.4.5	Mitä ovat rakennetun ympäristön tietomallit?	52
2.6	Virtuaaliympäristöt	54
2.6.1	Kaupunkien virtuaalimallit	55
2.6.2	Perinteiset virtuaalimaailmat	56
2.6.3	Pelimootorit ja virtuaaliympäristöt	58
2.6.4	Virtuaaliympäristöt aluetiedon hallinnassa	58
2.7	Yhteenveto aluetiedon hallinnasta nyt ja lähitulevaisuudessa	60

<b>3</b>	<b>Analyysi suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta</b>	<b>62</b>
3.1	Prosessimallinnuksen taustat, menetelmä ja aineisto	62
3.1.1	Prosessimallinnus olemassa olevien järjestelmien kuvaamisen työkaluna	62
3.1.2	Prosessimallinnustekniikan valinta	62
3.1.2	Prosessimallinnuksen lähtötiedot	64
3.2	Alueidenkäytön hallintajärjestelmän prosessimalli	65
3.3	Havaintoja alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta	66
3.3.1	Haasteet kuntatason prosessinosien mallintamisessa	67
3.4	Ajatuksia tutkimusmenetelmän kehittämiseksi ja jatkotutkimusaiheiksi	68
3.4.1	Verkostoanalyysin hyödyntäminen tutkimuskeinona	68
<b>4</b>	<b>Kokeita aluemallinnuksen menetelmillä ja mallien jatkokäytöllä</b>	<b>69</b>
4.1	Tampereen teknillisen yliopiston kampuksen mallintaminen	69
4.1.1	Rakennusten mallinnusperiaatteet	70
4.1.2	Kantakarttaan perustuvan maanpinnan mallinnusperiaatteet	71
4.1.3	Korkeusmalliin perustuvan maanpinnan mallinnusperiaatteet	76
4.1.4	Aluemallin ominaisuudet lyhyesti	78
4.2	Aluemallin käyttö virtuaaliympäristön pohjana	80
4.2.1	Virtuaaliympäristön toteutus Open Wonderlandilla	81
4.3	Muita virtuaaliympäristöihin liittyviä kokeita	82
4.3.1	Tiedonsiirtokokeita BIMServer-palvelinohjelmistolla	83
4.4	Havaintoja aluemalleilla tehdyistä kokeista	84
4.4.1	Kantakarttaan ja korkeusmalliin perustuvien maanpinnan mallien vertailu	84
4.4.2	Millaista on kiinnostus virtuaaliympäristöjä kohtaan?	85
4.4.3	Voisiko virtuaaliympäristöjen elävöittämisen joukkoistaa?	85
4.4.4	Sopivatko rakennusten tietomallit osaksi virtuaaliympäristöjä?	86
4.5	Ajatuksia tutkimusmenetelmän kehittämiseksi ja jatkotutkimusaiheiksi	86
<b>5</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>87</b>
5.2	Suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminta	88
5.2.1	Verkkottuneiden järjestelmien analyysiä voidaan tehostaa	88
5.3	Aluemallinnuksen menetelmät ja mallien jatkokäyttö	88
5.3.1	Virtuaaliympäristöjen toteutus onnistuu joukkoistamalla	90
5.3.2	Rakennusten tietomallit sopivat virtuaaliympäristöjen sisätiloiksi	90
	<b>Lähteet</b>	<b>92</b>
	<b>LIITE A: Suomalaisen alueidenhallintajärjestelmän malli</b>	<b>100</b>

## LYHENTEET JA TERMIT MÄÄRITELMINEEN

**Alueidenkäytön suunnittelu** tarkoittaa "yhdyskuntia ja seutuja koskevaa fyysistä suunnittelua, jossa lainsäädännön avulla ja hallintopäätöksiin pyritään ohjaamaan maa-alueiden ja tarvittaessa vesialueiden järjestelyä ja käyttöä". (Sanastokeskus TSK ry [TSK], 2012a) Vrt. maankäytön suunnittelu

**Atribuuttitieto**, Lisätieto, metatieto, ominaisuustieto. Kuvaa jonkin asian ominaisuuksia tietomallissa.

**CityGML** on lyhenne sanoista city geography markup language. CityGML on kolmiulotteisten semanttisten kaupunkimallien esittämiseen tarkoitettu GML-sovellusskeema (Open Geospatial Consortium [OGC], 2012a). Ks. GML.

**Geoidi** on maapallon painovoimakenttää edustava laskennallinen pinnanmuoto. Jos muut voimat eivät vaikuttasi levossa oleva merenpinta ottaisi geoidin pintaa vastaavan muodo.

**Geometriamalli** tarkoittaa tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD) menetelmin toteutettua virtuaalista esitystä suunnitelman kolmiulotteisesta hahmosta ilman attribuuttitietoja. Erotuksena tietomalleista geometriamallit eivät ole semanttisia.

**GML** on lyhenne sanoista geography markup language. GML määrittelee perustason XML-kielioppisäännöt maantieteellisten kohteiden kuvaamiseksi. GML-yhteensopivan sovellusskeeman avulla se on laajennettavissa vastaamaan tunnettua tiedonsiirron käyttötapauksia. Tässä tutkimuksessa käsiteltyjä sovellusskeemoja ovat CityGML ja KuntaGML. GML:ää kehittää Open Geospatial Consortium (ks. OGC). (OGC, 2012b)

**IFC** on lyhenne sanoista industry foundation classes. IFC on rakennusalan tiedonsiirtoon kehitetty kansainvälinen avoin standardi. (BuildingSMART International Ltd. [BuildingSMART], 2012)

**IDEF** on lyhenne sanoista integration definition. IDEF on järjestelmä- ja ohjelmistosuunnittelun tarpeisiin kehitetty mallinnuskieliperhe. (Wikipedia, 12.5.2012)

**IDEF0** lyhenne viittaa sanoihin integration definition for function modeling. IDEF0 on SADT:n pohjalta kehitetty järjestelmämallinnusmenetelmä, joka kuuluu IDEF mallinnuskieliperheeseen. (Wikipedia 27.4.2012). Ks. SADT.

**InfraModel** on LandXML:ään perustuva suomalainen määrittely, jonka tarkoituksena on vastata väylä- ja kunnallisteknisten verkostojen suunnittelun edellyttämiin tiedonsiirron käyttötapauksiin. InfraModel:ia kehittää VTT.

**JHS**-järjestelmän mukaiset suositukset koskevat valtion- ja kunnallishallinnon tietohallintoa. Sisällöltään JHS voi olla julkishallinnossa käytettäväksi tarkoitettu yhtenäinen menettelytapa, määrittely tai ohje. (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta [JUHTA], 2013)

**JUHTA** lyhenne viittaa sanoihin julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. JUHTA vahvistaa JHS-toiminnan strategiset linjaukset ja pitkän aikavälin toteuttamishjelmat. JUHTA hyväksyy myös yksittäiset JHS-suositukset, JHS-jaoston esityksen pohjalta.

**KML** on alkujaan lyhenne sanoista keyhole markup language. KML on maantieteellisen tiedon havainnollistamisen tarpeisiin kehitetty XML-kieli. (OGC, 2012c)

**KRYSP** on lyhenne sanoista kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut. KRYSP on Suomen Kuntaliiton hanke, joka mm. ylläpitää ja kehittää KuntaGML tietomallia. (Suomen Kuntaliitto ry [Kuntaliitto], 2012)

**KuntaGML** Suomalainen kuntatiedon GML-sovellusskeema (ks. sovellusskeema).

**LandXML** Avoin infratiedon tietomalli-formaatti.

**LOD** on lyhenne sanoista level of detail, suomeksi tarkkuustaso. Tietokonegrafiikassa tarkkuustason käsitettä (LOD) käytetään kuvaamaan, kuinka esitettävän kolmiulotteisen kappaleen geometrista monimutkaisuutta voidaan vähentää mitä kauempana se sijaitsee katsojasta (katselupisteestä). Tarkkuustasoihin perustuvan esityksen tyyppejä ovat: Erilliset tarkkuustasot, kaikkein perinteisin lähestymistapa, jossa kohteesta luodaan esitykset jokaiselle määrittelylle tarkkuustasolle etukäteen. Kohteen esitystarkkuus valitaan etäisyyden perusteella. Jatkuva tarkkuustaso on laskennallinen lähestymistapa, jossa kohteen esitystarkkuus lasketaan esitysvaiheessa etäisyyteen perustuen. Jokainen yksittäinen kohde esitetään kokonaan samalla tarkkuudella. Näkymäriippuvainen tarkkuustaso on jatkuvan tarkkuustason anisotrooppinen laajennus, jossa yksittäinen kohde voi kuulua useaan tarkkuusalueeseen. Yksittäisen kohteen esitystarkkuus muuttuu jatkuvasti kohteen osien loitotessa katselupisteestä. (Luebke D. ym., 2003), (Heok T. K. & Daman D., 2004)

**Maankäytön suunnittelu** tarkoittaa "yhdyskuntia ja seutuja koskevaa fyysistä suunnittelua, jossa lainsäädännön avulla ja hallintopäätöksiin pyritään ohjaamaan maa-alueiden järjestelyä ja käyttöä". (TSK, 2012b)

**MVD** on lyhenne sanoista model view definition, suomeksi yleisesti tiedonsiirron käyttötapaus. Rakentamisen ja maankäytön tietomallien MVD määrittelee sellaisen IFC-skeeman osan, joka täyttää jonkin tunnetun tiedonsiirron tarpeen vaatimukset.

**OGC** on lyhenne sanoista open geospatial consortium. OGC on kansainvälinen paikkatietoalan yhteenliittymä, joka kehittää avoimia paikkatietostandardeja. (OGC, 2012d)

**Pitkäaikaissäilytys** on tiedon käytettävyyden varmistamista (pitkälle) tulevaisuuteen. Nykyiset haasteet pitkäaikaissäilytyksessä liittyvät tietotekniikan kehityksen aiheuttamaan nopeaan muutokseen tietorakenteissa. On syntynyt tilanne, jossa perinteiset tiedon säilytysmenetelmät koetaan täysin riittämättömiksi, mutta toisaalta uusien menetelmien toimivuuden varmistaminen on haasteellista.

**Pelimoottori** on tietokonepelin taustalla oleva ohjelmistokehys, jonka tarkoitus on helpottaa useiden samankaltaisten pelien tuottamista. Yksinkertaisimmillaan pelimoottori voi olla kokoelma peliohjelmoinnissa hyödyllisiä ohjelmointikirjastoja. Nykyisin termillä viitataan useimmiten graafisella käyttöliittymällä varustettuun työkaluun, jonka käyttäminen ei välttämättä vaadi kuin alkeellisia ohjelmointitaitoja.

**SADT** on lyhenne sanoista structured analysis and design technique, suomeksi jäsennelty analyysi- ja suunnittelumenetelmä. SADT määrittelee järjestelmäkaavioille, järjestelmäsuunnitteluun ja -analyysiin sopivan esitystavan. SADT-esityksessä järjestelmä hajotetaan toisistaan riippuvaisiin toimintoihin ja niiden riippuvuussuhteet kuvataan. Kuvaustapa on jäsentävä, eli laajoista kokonaisuuksista pienempiin etenevä. (Wikipedia, 6.5.2012)

**Semanttinen** kuvaus tarkoittaa tietojärjestelmissä sellaista tiedon esitystapaa, joka samalla kuvaa esitettyjen tietueiden merkityksen. Geometrian esittämiseen soveltuvien tietomallien kohdalla tämä tarkoittaa, että mahdollisen realistisen ulkonäkönsä lisäksi mallinetuilla kappaleilla on oheistietoa, joka kuvaa niiden merkityksen ja suhteen muihin tietosisältöihin. Esimerkiksi ikkunan näköinen rakennusosa sisältää tiedon, että kyseessä on ikkuna tai tienpinnan kuvaava geometria sisältää tiedon että kyseessä on ajorata, jne (Wikipedia, 24.6.2012)

**Sovellusskeema** määrittelee XML-pohjaisten muotojen, kuten GML:n käytön tietyssä käyttötapauksessa.

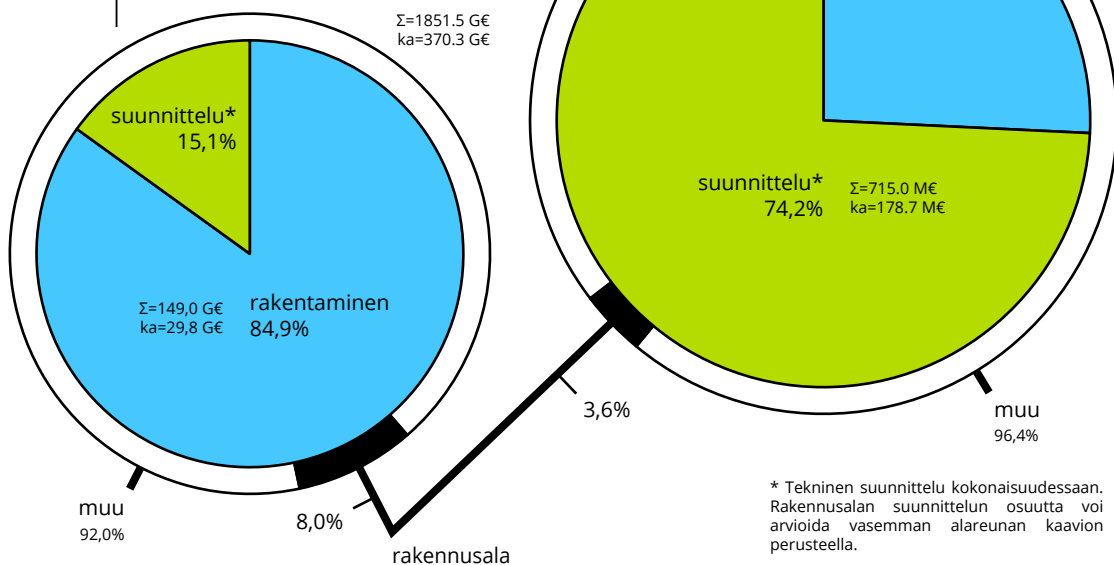
**Taiteviiva**, englanniksi breakline, on viiva tai murtoviiva, joka määrittää kolmioverkkopinnan (ks. TIN) kolmioiden sivuja. Tyypillisesti taiteviivalla tarkoitetaan erityisesti havaittua tai suunniteltua epäjatkuvuuskohtaa hajapisteaineiston kolmioinnin yhteydessä. Taiteviivat pakottavat tiettyjä pisteiden välisiä yhteyksiä tai lisäävät aineistoon muutoin tunnistettuja pisteitä. Taiteviivat ohjaavat pinnan laskennallista kolmiointia. Taiteviivoilla voidaan kuvata esimerkiksi rakennusten liittymistä ympäristöön tai monistaa väylien keskilinjoiden korkeuksia väylien reunaviivoille.

**WMS** on lyhenne sanoista web map service (OGC, 2013a)

**WMTS** on lyhenne sanoista web map tile service (OGC, 2013b)

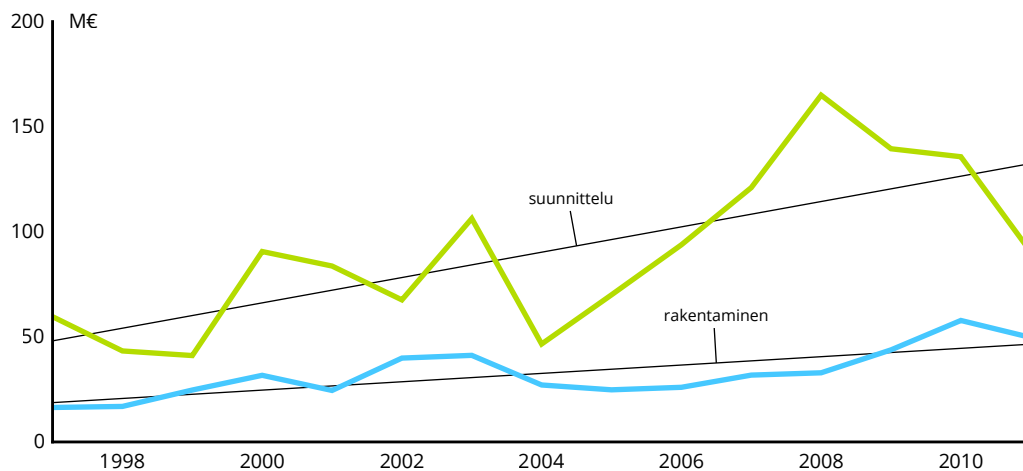
yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminta vuosina 2008-2011

yritysten liikevaihto vuosina 2007-2011



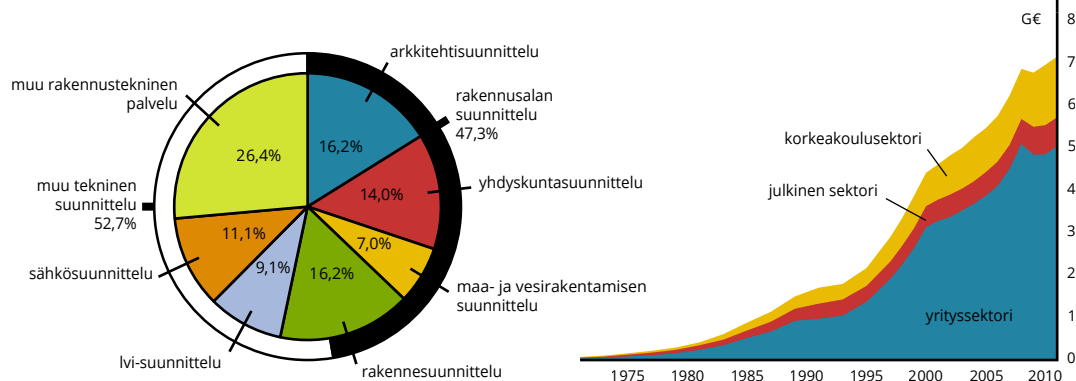
Tilastokeskus (2013a)  
Tilastokeskus (2013b)

rakennusalan yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminta vuosina 1997-2011



suunnitteluyritysten liikevaihto vuosina 2007-2011

tutkimus- ja kehittämistoiminta vuosina 1971-2011



# 1 Johdanto

Rakennusala luonnehditaan toisinaan konservatiiviseksi, ja sitä se onkin, ainakin yritysten tutkimukseen käyttämän rahan suhteessa yritysten liikevaihtoon. Vuonna 2011 rakennusala kattoi 8% yritysten yhteenlasketusta liikevaihdosta, mutta vain 3,5% yritysten yhteenlasketusta tutkimus- ja kehitystoiminnasta. Miltei kolmeneljäsosaa rakennusalan tutkimusrahoista käytetään suunnitteluyrityksissä ja vain runsas kolmannes toteutukseen osallistuvissa yrityksissä. On siis helppo arvata, missä kohtaa rakennuksen tai alueen elinkaarta sijaitsee yksi tiedonhallinnan pullonkauloista. Tämä tutkimus etsii niitä lisää, unohtamatta kuitenkaan havainnoida tiedon saavutettavuuden positiivista kehitystä ja sen vaikutuksia tiedon jatkokäyttöön.

Tutkimus pyrkii muodostamaan kokonaiskuvan alueidenkäytön tiedonhallintaan liittyvästä viimeaikaisesta kehityksestä ja sen yhteydestä alue- ja kaupunkimallintamiseen. Tutkimus liittyy osittain vuonna 2014 päättyneeseen Built Environment Process Re-engineering (PRE) -tutkimusohjelmaan osana Tampereen teknillisen yliopiston Virtuaalirakentamisen laboratorion osuutta BIMCity-työpaketissa.

Tutkimuksen aihetta taustoitetaan esittelemällä aluksi suomalaisen alueidenkäytön viitekehys luvussa sekä alueidenkäytön tiedonhallintaan liittyvät tärkeimmät kehitys-, tutkimus-, standardointi- ja lainsäädännön hankkeet. Hyvin tiiviisti esiteltyjä hankkeita on yhteensä kymmenen, eikä niiden läpikäynti ole välttämätöntä tutkimuksen sisällön ymmärtämiseksi. Esittelyn tarkoitus on koota työn yhteyteen perustiedot tutkimuksen taustaksi tehdystä katsauksesta ja hankkeiden sisältöä on myös pyritty avaamaan graafisesti. Esittely on sisällytetty tutkimuksen tekstiin, jotta lukija voi palata tutkimaan niiden merkitystä, mikäli jokin hankkeista ei ole ennalta tuttu tai sen merkitys ei selviä tekstiyhteydestä.

Taustoitusta jatketaan pohtimalla kokoavasti alueidenkäyttöön ja rakentamiseen liittyvää tiedonhallintaa, sen kehitystä ja tulevaisuutta. Tiedonhallintaa käsitellään kolmena erityyppisenä ja sisältöisenä toimintana:

1. Hankkeiden tiedonhallinta
2. Tilannekuvan ylläpito
3. Tiedon pitkäaikaissäilytys

Käsiteltyjen tiedonhallinnan osa-alueiden osoitetaan vaikuttavan toisiinsa ja muodostavan yhdessä tiedonhallinnan kokonaisuuden, joka parhaillaan on murroksessa.

Tiedonhallinnan taustoituksen jälkeen käydään erikseen läpi rakennusten tietomallintamisen periaatteita sekä muita alueidenkäyttöön liittyviä mallintamisen osa-alueita. Jaon taustalla on työn tekijän laaja tuntemus rakennusten mallintamisesta, jonka kautta pyritään etsimään vastausta kysymykseen: Mikä, jos mikään on alueen tietomalli?

Erillisenä teoreettisena kokonaisuutena tarkastellaan vielä virtuaaliympäristöjä, jotka ovat rakennusten ja alueiden malleihin perustuvia pelillisiä sovellutuksia. Virtuaaliympäristöjen lähtökohtien tarkastelu on tarpeen, koska tutkimuksen soveltavassa osuudessa etsitään keinoja tuottaa virtuaaliympäristöjä saatavilla olevasta aluetiedosta.

Teoreettisen taustan muodostavat tarkastelut ja pohdinnat vedetään yhteen luvussa 2.7.

Tutkimuksen soveltavassa osassa esitetään prosessimallinnuksen kautta johdettu analyysi suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta sekä joukko aluemallintamisen menetelmiin liittyviä kokeiluja.

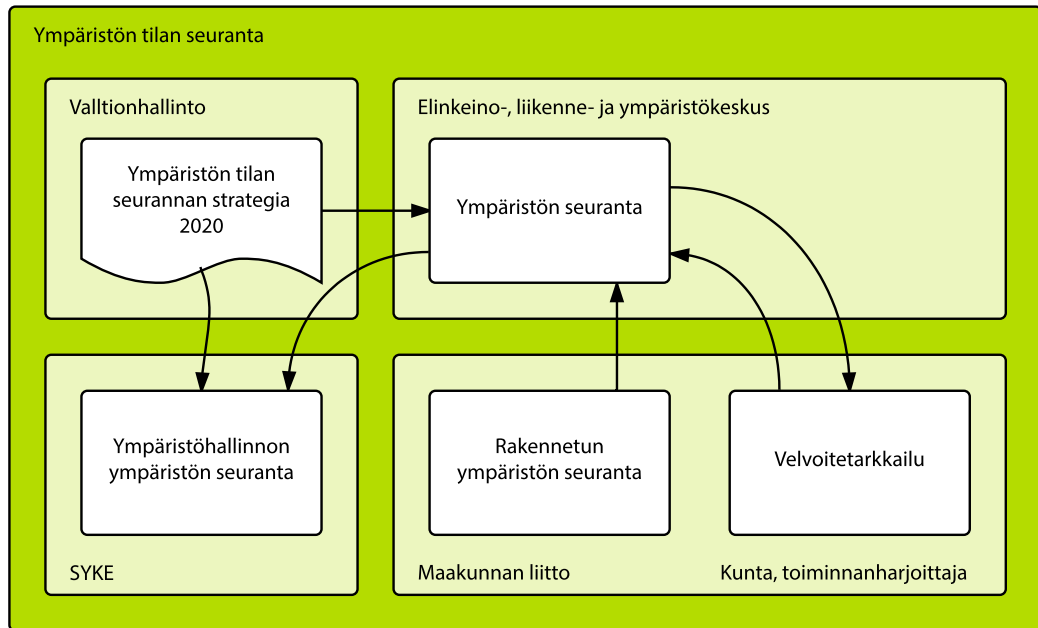
Suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän rakennetta ja toimintaa tutkitaan SADT-prosessimallinnustekniikan variaation avulla. Prosessimallinnuksen taustojen, menetelmän ja aineiston kuvauksessa käydään läpi menetelmän soveltuvuus olemassa olevien järjestelmien kuvaamiseen, prosessimallinnustekniikan valintaan vaikuttaneet tekijät sekä käytetyt aineistot. Tuloksena esitellään suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän prosessikuvaus.

Aluemallinnuksen menetelmiä käsittelevät kokeilut on toteutettu Tampereen teknillisen yliopiston kampuksen alueen käsittävillä aineistoilla vuosilta 2008–2013. Aineistojen avulla esitellään yksinkertainen menetelmä rakennusten teksturoitujen pintamallien tuottamiseksi sekä kaksi erilaista maanpinnan mallintamisen ja teksturoinnin menetelmää. Lisäksi tutkitaan kampuksesta tehtyjen aluemallien jatkokäyttöä virtuaaliympäristöjen pohja-aineistona, käydään läpi virtuaaliympäristöalustan valintaan vaikuttaneet tekijät ja esitellään Open Wonderland -alustalla toteutettu virtuaaliympäristö.

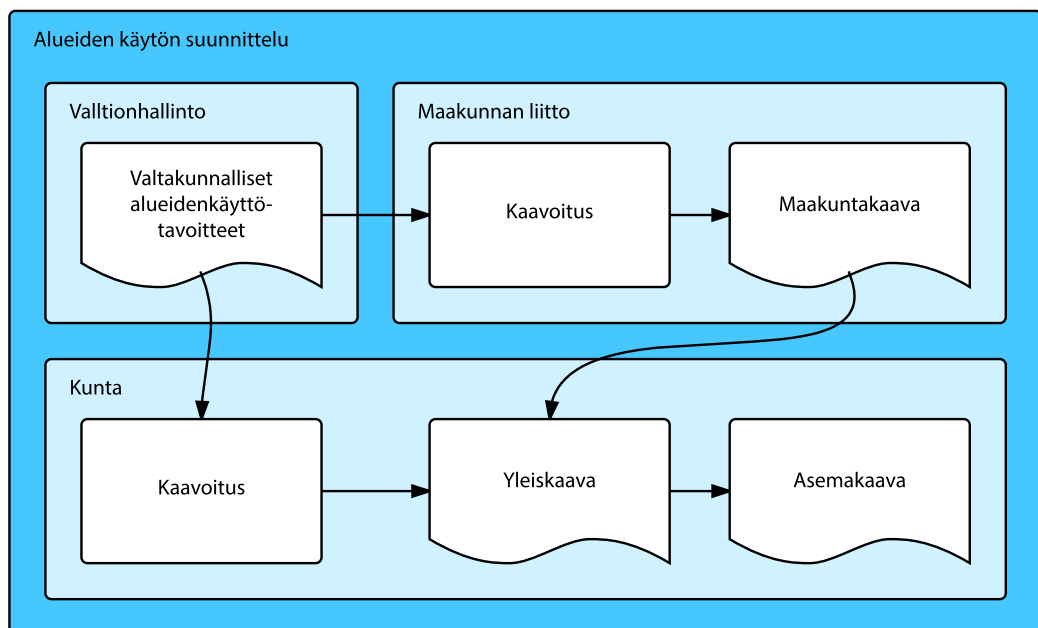
Yhteenvedossa esitellään lyhyesti tutkimuksen merkittävimmät havainnot:

1. Suomalainen alueidenkäytön hallintajärjestelmä muodostaa johdonmukaisen kokonaisuuden, josta löytyvät nykyaikaisen tiedonhallintajärjestelmän ominaispiirteet.
2. Alueidenkäytön hallintajärjestelmän tietovarantoja ja rakennetta kannattaisi tutkia prosessimallinnuksen ohella verkostanalyysin keinoin.
3. Virtuaaliympäristöjen rakentaminen tukee alueidenkäytön tiedonhallinnan kehitystä ja toteutus onnistuu parhaiten joukkoistamalla.
4. Rakennusten tietomallit sopivat hyvin virtuaaliympäristöjen sisätilojen toteuttamiseen, mutta eivät välttämättä rakennusvaippojen malleiksi.

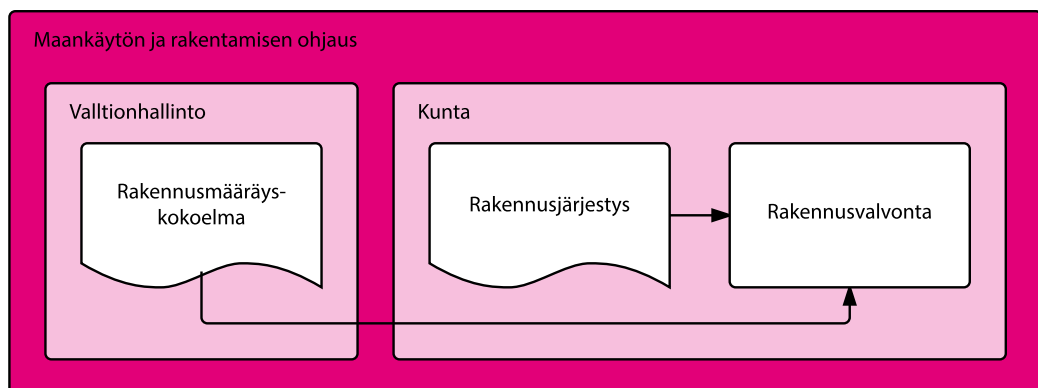




Lähteet: Laki paikkatietoinfrastruktuurista, Ympäristö.fi, Ympäristön tilan seurannan strategia 2020.



Lähde: MRL



Lähde: MRL

## 2 Lähtökohtana aluetiedon kokonaisuuden hahmottaminen

Tämän tutkimuksen taustalla on PRE-ohjelman BIMCity-työpaketissa virinnyt tarve ymmärtää suomalaisen alueidenkäytön suunnittelun ja rakentamisen muodostamaa kokonaisuutta kaupunkimallinnuksen tarpeiden ja lähtökohtien määrittelemiseksi. BIMCityssä tutkittiin mahdollisuuksia yhdistää paikkatietoaineistoja ja rakennusten tietomalleja kaupunkien- tai alueiden tietomalleiksi.

Seuraavissa luvuissa esitellään aluemallien kokoamisen ja käytön mahdollisuuksien hahmottamiseksi tarvittava teoreettinen tausta.

### 2.1 Alueidenkäyttö ja rakentaminen Suomessa

Alueiden ja rakennusten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Maankäyttö ja rakennusasetuksessa määritellään lisäksi alueiden käytön seurannan järjestämisen velvollisuudet. ([Maankäyttö- ja rakennuslaki \[MRL\], 132/1999](#); [Maankäyttö- ja rakennusasetus \[MRA\], 895/1999](#))

Alueiden käytön suunnittelu tapahtuu kolmitasoisien maankäytön suunnittelujärjestelmän kautta. Järjestelmän keskeiset toimijat ovat valtionhallinto, maakuntien liitot ja kunnat. Valtionhallinnossa asetetaan valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, maakuntien liitoissa laaditaan maakuntakaavoja ja kunnissa yleis- ja asemakaavoja.

Synonyyminä maankäytön suunnittelulle käytetään usein alueidenkäytön suunnittelua. Sanastokeskuksen ([2012a ja 2012b](#)) mukaan termit eroavatkin vain siinä, että alueidenkäytön suunnittelu käsittää myös vesialueet, kun maankäytön suunnittelulla tulisi viitata ainoastaan maa-alueisiin. Johdonmukaisuuden vuoksi tässä tutkimuksessa käytetään tavallisesti termiä alueidenkäytön suunnittelu. Niin ikään maankäytön suunnittelujärjestelmän synonyyminä käytetään alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Välillä termit varmasti pakostakin risteävät, koska esimerkiksi ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu [ymparisto.fi](#) käyttää maankäytön suunnittelua alueidenkäytön suunnittelun asemesta ([Ympäristöministeriö \[YM\], 16.9.2013](#)). Jotkin lähteet, kuten MRL ja MRA kirjoittavat sanan alueidenkäyttö erikseen muodossa alueiden käyttö.

Rakentamisen ohjausta säädellään sekä valtionhallinnon että kuntien toimesta. Lain mukaan ympäristöministeriö ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa ja kunnat omia rakennusjärjestyksiään. Alueidenkäyttötavoitteiden, kaavojen, rakentamismääräyskokoelman ja rakennusjärjestyksen edellyttämiä ohjaus- ja valvontatoimia suorittavat kuntien rakennusviranomaiset.

Alueiden käytön seurannan valtakunnallisten tietojärjestelmien ylläpidosta vastaa ympäristöministeriö. Alueellisen seurannan järjestämistä ohjaavat Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, mutta tiedon tuottajina maakuntien liitoilla ja kunnilla on vastuu seurannan toteutumisesta. Lakisääteinen alueiden käytön seuranta on osa julkishallinnon toteuttamaa ympäristön seurantaa. Ympäristön seurannan tavoitteet on ilmaistu ym-

päristöministeriön julkaisemassa raportissa Ympäristön tilan seurannan strategia 2020 (Ympäristöministeriö [YM], 2011).

Maankäytön suunnittelun, rakentamisen ja alueiden käytön seurannan tiedot ovat osa ympäristön seurannan tietovarantoja. Ympäristön seurannan kokonaisuuden hahmottumiseen on vaikuttanut INSPIRE-direktiivin seurauksena säädetty laki paikkatietoinfrastruktuurista.

Tässä tutkimuksessa *ympäristön seurannan, alueidenkäytön suunnittelun sekä maankäytön ja rakentamisen* muodostamasta kokonaisuudesta käytetään nimeä alueidenkäytön hallintajärjestelmä.

### 2.1.1 Alueidenkäytön hallintajärjestelmä

Yksi tämän tutkimuksen tärkeimmistä tavoitteista on hahmottaa alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminta aluetiedon näkökulmasta. Seuraavissa luvuissa esitellään lakisääteisten tehtävien ja strategisten tavoitteiden perusteella hahmottuneet järjestelmän kolme perusosaa. Järjestelmän tarkempi rakenne ja toiminta selvitetään prosessinäkökulmasta luvussa 3 – Analyysi suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta.

#### 2.1.1.1 Ympäristön seuranta

Ympäristön seurannan tehtävänä on kerätä sekä rakennettuun että luonnontilaiseen ympäristöön liittyviä tietoja muiden alueidenkäytön hallintajärjestelmän osien käyttöön. Ympäristön seurannan tiedot syntyvät hajallaan monissa alueiden käyttöön ja seurantaan liittyvissä toiminnoissa. Ympäristön seurannan esittäminen omana tiedonhallinnallisena toimintanaan auttaa tiedon käyttäjiä hahmottamaan olemassa olevia tietolähteitä ja tiedontuottajia ymmärtämään että heidän tietojansa tarvitsevat myös muut.

”Ympäristön seurannalla tarkoitetaan toisaalta luontaisten vaihteluiden ja muutosten, toisaalta ihmisen toiminnasta aiheutuvien paineiden ja muutosten sekä niiden ihmiseen, luontoon ja rakennettuun ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia koskevaa jatkuvaa tai säännöllisesti toistuvaa tiedon keruuta, käsittelyä ja raportointia. Ympäristön seurannat voidaan luokitella eri ryhmiin, kuten ympäristön tilan, luonnonvarojen ja ympäristöön kohdistuvien paineiden seuranta”. (YM, 2011)

#### 2.1.1.2 Alueidenkäytön suunnittelu

Alueidenkäytön suunnittelu hyödyntää ympäristön seurannan tuottamia tietoja suunnittelun lähtökohtien hahmottamisessa. Perinteisesti alueidenkäytön suunnittelussa on käytetty lähinnä suunnittelutoimea lähellä olevien tahojen tuottamaa tietoa. Ympäristön seurannan kokonaisuuden kehittyminen saattaa paljastaa uusia alueidenkäytön suunnittelulle hyödyllisiä tietolähteitä.

### 2.1.1.3 Maankäytön ja rakentamisen ohjaus

Maankäytön ja rakentamisen ohjaus luo puitteet alueidenkäytön suunnitelmien toteuttamiselle ja kerää ensimmäiset tiedot suunnitelmien toteuttamisen johdosta ympäristössä tapahtuneista muutoksista. Kerätyt muutoksia koskevat tiedot ovat osa ympäristön seurantatietoja.

### 2.1.2 Paikkatietoaineistot ja -palvelut

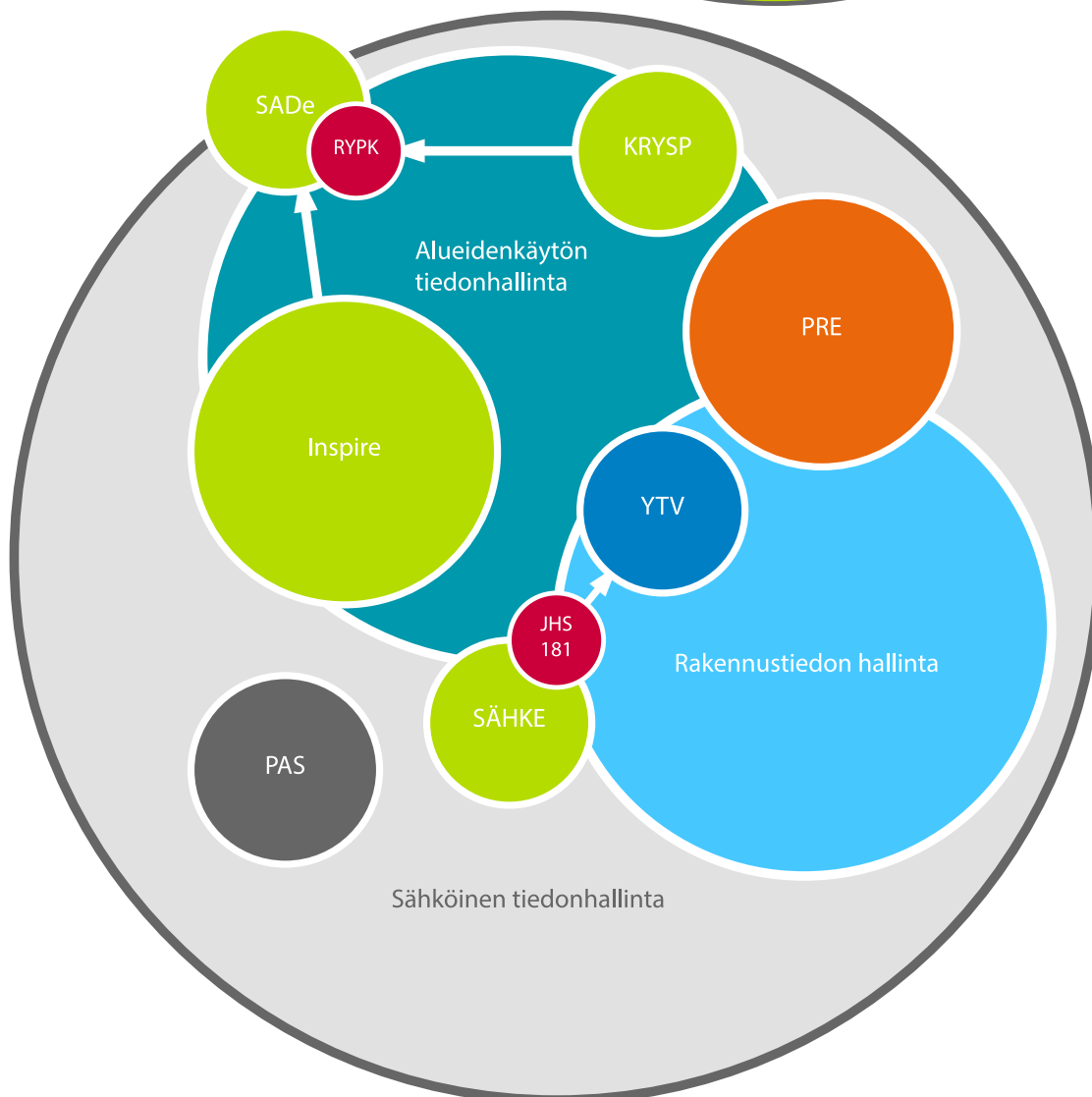
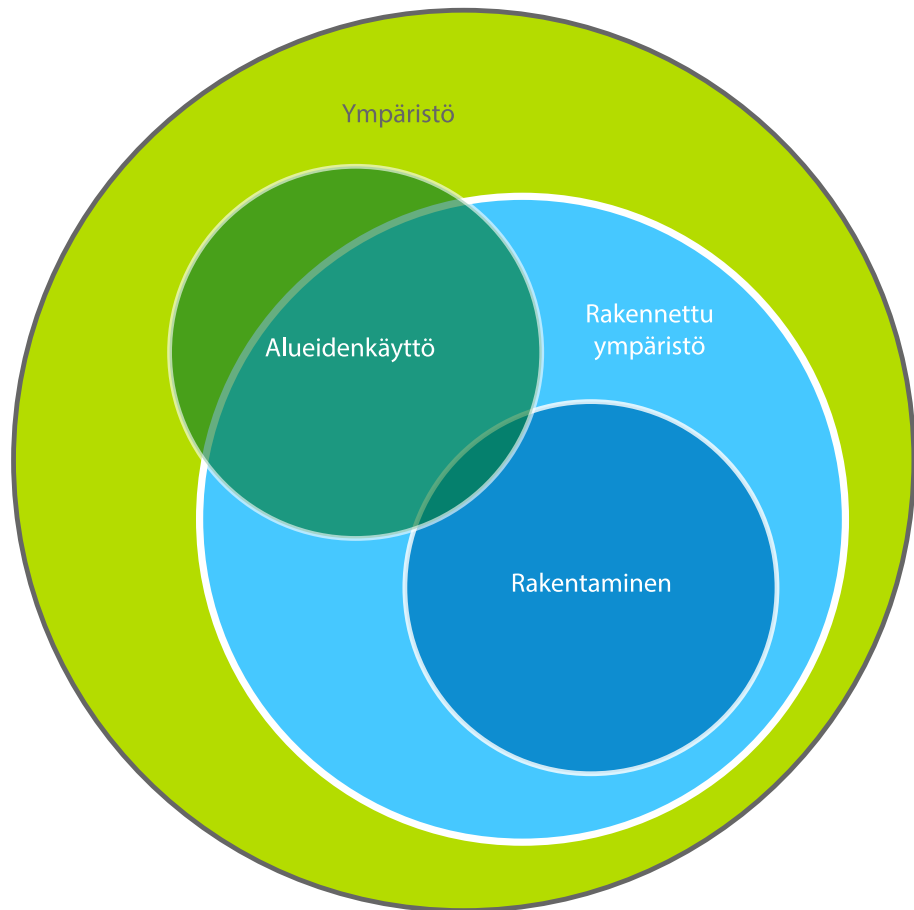
Monille julkisen hallinnon organisaatioille on viimeisten vuosikymmenien aikana kerääntynyt valtavat varannot digitaalista aluetietoa. Parhaillaan on käynnissä mittava tietovarantojen avaaminen niin viranomaisten kuin muidenkin käyttöön. Lähtösysäyksen kehitykselle lieenee tarjonnut Inspire-direktiivi, mutta osittain halun ja tarpeen tietovarantojen avaamiselle on oltava sisäsyntyistä suomalaisessa toimintaympäristössä, koska aineistoja on todellakin avattu innokkaasti. Tilannekuva saatavilla olevista aineistoista ja tietolähteistä muuttuu lähes päivittäin. Esimerkiksi vuoden 2016 alussa MML:n ylläpitämässä paikkatietoikkunan karttapalvelussa oli esillä 1116 aineistoa 56 tuottajalta ja Valtorin avoindata.fi-palvelu listasi 168 sisältötyypiltään paikkatiedoksi merkittyä aineistoa.

Aineistojen innokkaalla avaamisella ja monen tahon yhtäaikaisella yhteentoimivuuteen tähtäävällä kehitystyöllä on myös kääntöpuolensa. Saatavilla olevan paikkatiedon kokonaiskuva on päässyt nopeassa kehitystahdissa sirpaloitumaan. Paikkatietoa onkin nyt katseltavana paikkatietoikkunan lisäksi, esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen SYKE:n ylläpitämässä Liiteri-palvelussa, paikkatietoverkoston kuten Lounaispaikan karttapalveluissa sekä maakuntien liittojen ja kuntien karttapalveluissa. Paikkatietoa voi myös ladata käyttöönsä useista latauspalveluista, esimerkiksi MML:n avoimen datan latauspalvelusta, SYKE:n latauspalvelu Lapiosta, Luonnonvarakeskus Luken avoimien aineistojen tiedostopalvelusta, paikkatietoverkoston, kuten Helsinki Region Infosharen latauspalveluista ja kuntien latauspalveluista. Olemassa olevasta paikkatiedosta saa tietoa edellä mainittujen palvelujen lisäksi esimerkiksi avoindata.fi:stä ja SYKE:n metatietopalvelu.

Periaatteessa avoindata.fi-palvelusta pitäisi olla löydettävissä kaikki julkisen hallinnon avoin data, mutta toistaiseksi ajantasaisin tieto löytyy sekalaisista kartta- ja latauspalveluista. Paikkatietoinfrastruktuurin hahmottamista helpottaisi jos paikkatiedon palvelujen verkosto olisi jossain kuvattuna graafisesti.

## 2.2 Aluetietoon liittyvä viimeaikainen kehitystyö

Tässä luvussa esitellään aiheeseen liittyvät ajankohtaiset kehitys-, tutkimus-, standardointi- ja lainsäädännön hankkeet. Osa esiteltävistä hankkeista tunnistettiin seuraamisen arvoisiksi jo BIMCityn alkuvaiheessa (RYM Oy, 2014). Lisäksi joukossa on hankkeita joihin olen tutustunut, koska ne ovat suorassa yhteydessä muihin seurattaviin hankkeisiin tai koska ne ovat tulleet esille tiedonhaun yhteydessä. Yhtenä hankkeista esitellään myös PRE-tutkimusohjelma.



Punaisena lankana käynnissä olevan kehityksen seuraamisessa on ollut BIMCityn perushavainto rakenteellisen tiedon merkityksen jatkuvasta kasvamisesta alueidenkäytön tiedonhallinnassa. Tämä kehityssuunta on tunnistettu myös esiteltävissä hankkeista, jotka pyrkimyksiensä ja tuloksiensa kautta valottavat sen eri puolia.

#### Esiteltävät hankkeet

- Inspire-direktiivi (Infrastructure for Spatial Information in Europe)
- Kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut (KRYSP)
- Sähköisen asioinnin ja demokratian vauhdittamisohjelma (SADe)
  - Rakennetun ympäristön ja asumisen palvelukokonaisuus (RYPK)
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV)
- SÄHKE-normistot (SÄHKE2, SÄHKE3)
  - Julkisen hallinnon standardisalkku (JHS 181)
- Pitkäaikaissäilytyksen suunnittelu- ja toteuttamishanke (PAS)
- Built Environment Process Re-engineering (PRE)
- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)

#### 2.2.1 Inspire-direktiivi ja kansallinen paikkatietostrategia

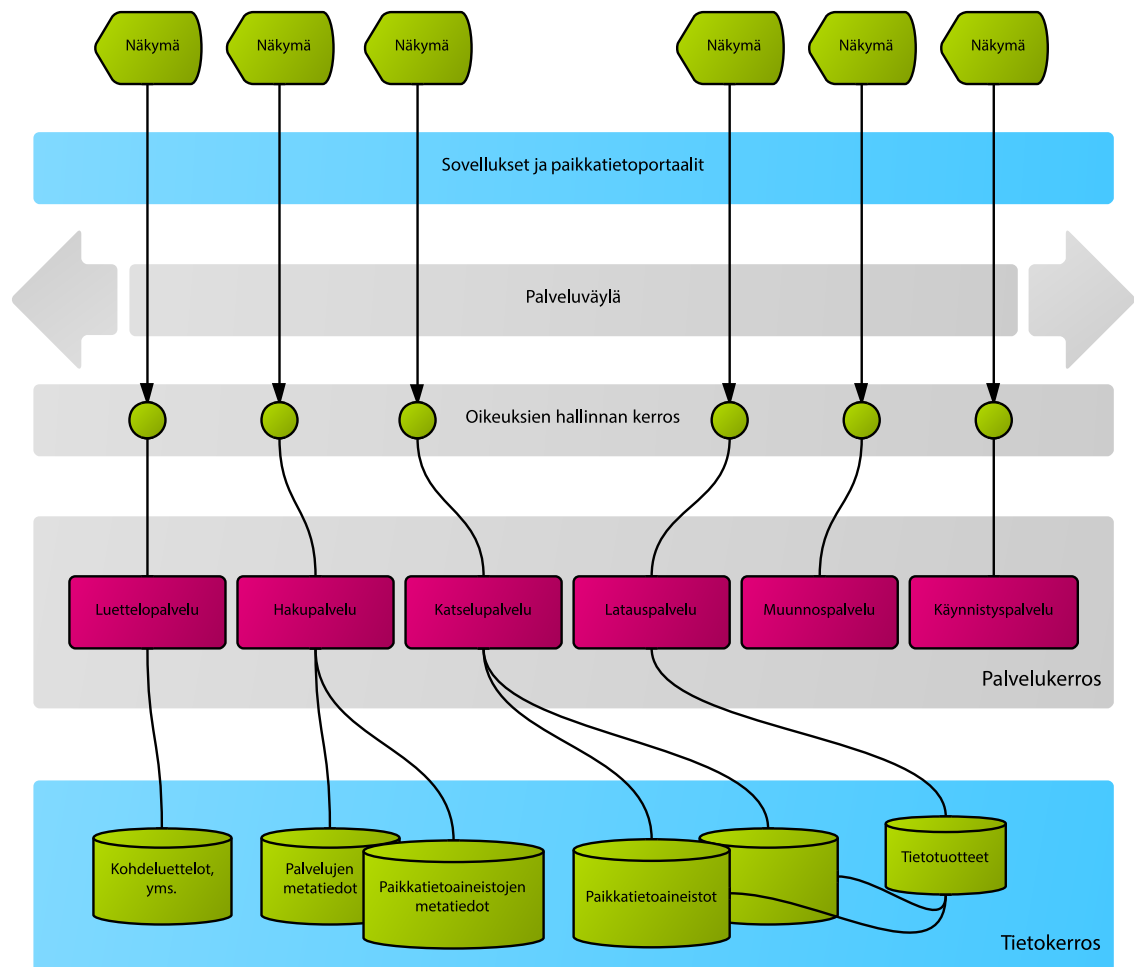
Inspire-direktiivi muodostaa viitekehyksen kansallisille tutkimus-, kehitys-, standardointi- ja lainsäädännön hankkeille Euroopassa.

“Inspire on EU-direktiivi, jonka avulla kansallisista paikkatietoaineistoista ja -palveluista luodaan EU:n jäsenmaiden yhteinen, yhtenäinen ja helposti hyödynnettävä paikkatietoinfrastruktura.” (Maanmittauslaitos [MML], 2013a)

Suomessa Inspiren toteutuminen on varmistettu säätämällä laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009) ja sitä tarkentava asetus paikkatietoinfrastruktuurista (725/2009). Säädökset korostavat Maanmittauslaitoksen roolia paikkatietoaineistojen saavutettavuuden koordinoinnissa, mm. asettamalla sen vastuuseen paikkatietoaineistojen ja näitä aineistoja koskevien palvelujen etsimisen ja niitä koskevien metatietojen tarkastelun mahdollistavan verkkopalvelun eli nk. hakupalvelun toteuttamisesta (725/2009). Suomalaiseen paikkatiedon hallintaan Inspirellä on ollut selkeyttävä vaikutus toimijoiden roolijaon tarkentumisen ja standardoinnin lakisäätelytymisen myötä.

Suomessa on Inspire-direktiivin kanssa yhtäaikaaisesti valmisteltu kaksi kansallista paikkatietostrategiaa, joista ensimmäinen laadittiin vuosille 2005–2010 ja nykyinen vuosille 2010–2015. Tehdyn kehitystyön tulokset ovat edustavasti esillä [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi) -palvelussa, jonka kehittäminen kirjattiin tavoitteeksi jo ensimmäisessä strategiassa (Maa- ja metsätalousministeriö [MMM], 2004). Nykyisin paikkatietostrategioiden laatimisesta vastaavat valtioneuvoston asettama paikkatietoasiain neuvottelukunta ja vapaaehtoisuuteen perustuva paikkatietoverkosto, entiseltä nimeltään Inspire-verkosto. (MML, 2013d)

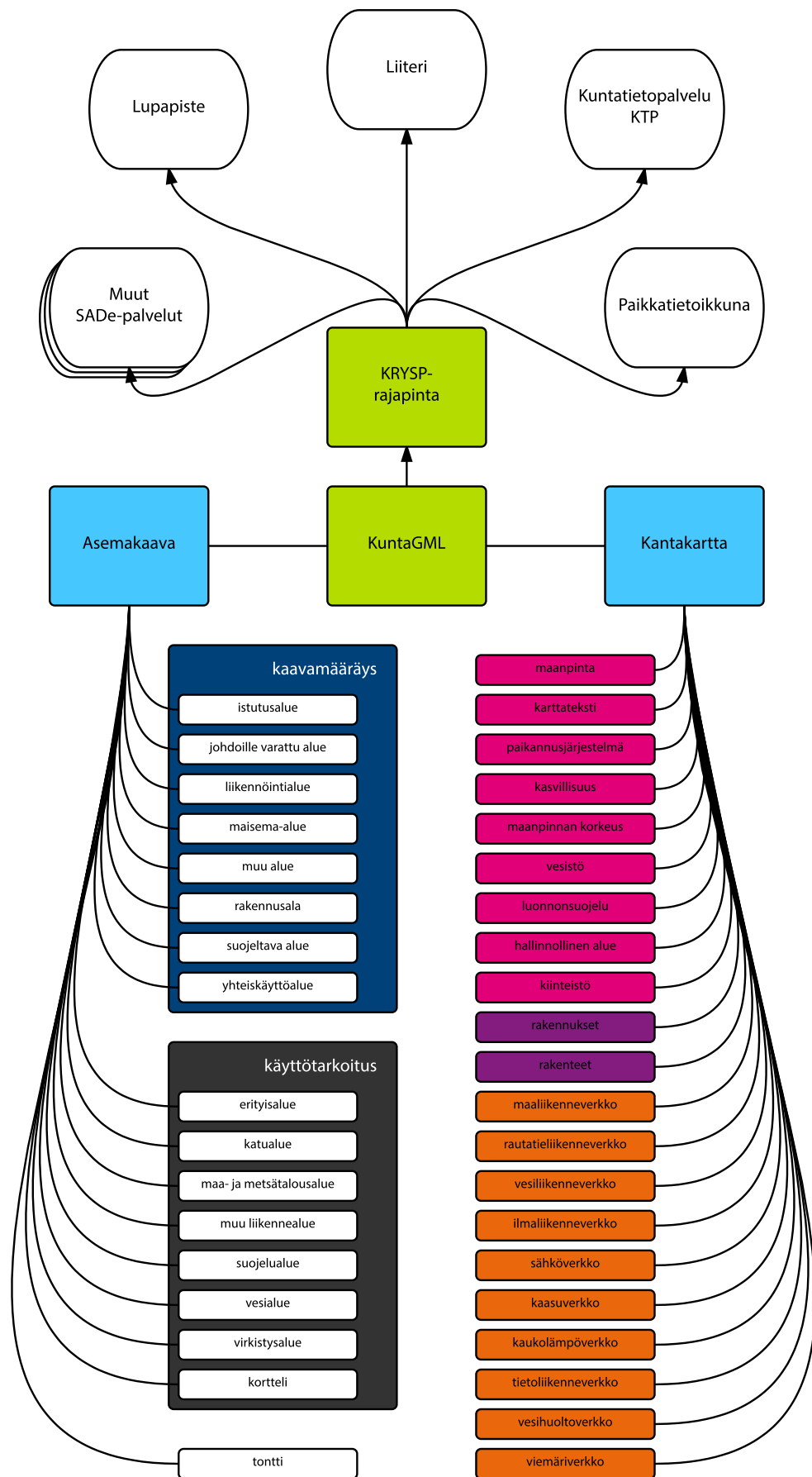
Merkittävä osa Inspiren piiriin kuuluvista tiedoista saa alkunsa kunnissa. Kuntien tuottama tieto voi olla suoraan Inspiren alaista tai keskeistä lähtötietoa sen alaisille tiedoille. Tämä käy selvästi ilmi esimerkiksi MML:n julkaisemasta Inspiren alaisten paikkatietojen ja niistä vastuussa olevien viranomaisten ristiintaulukoinnista. (MML, 2010; MML, 2013d)



## 2.2.2 Kunnan rakennetun ympäristön sähköiset palvelut (KRYSP)

KRYSP on vuoden 2011 lopussa valmistunut Suomen Kuntaliiton hanke, jonka tuloksia ovat *sähköisen asiainnin työpöydän* ja *kokoavan tietopalvelun* vaatimusmäärittelyt. Sähköisen asiainnin työpöydällä tarkoitetaan kuntakohtaista verkkopalvelua, jossa kuntalaiset voivat hakea mm. maankäyttöön ja rakentamiseen liittyvää tietoa sekä jättää tavanomaisia hakemuksia kuten rakennuslupia. Toteutuessaan sähköisen asiainnin työpöydät toimivat kuntalaisten rajapintoina rakennetun ympäristön viranomaispalveluihin kunnissa.

“KRYSPin visiona on, että kuntien teknisen- ja ympäristötoimen keskeiset asiointi- ja viranomaispalvelut ovat sähköisellä työpöydällä. Toisena päämääränä on palveluprosessien tehostaminen. Kolmanneksi tavoitteeksi on asetettu se, että kuntatiedot ovat muiden toimijoiden käytettävissä tietopalvelurajapintojen ja kokoavan tietopalvelun kautta.” (Putkonen, 2011)





Vaatimusmäärittelyt on laadittu hyödyntäen KRYSP:iä edeltäneessä KuntaGML-hankkeessa kehitettyä KuntaGML-standardia, joka esittää kuntien perinteiset paikkatietosäällöt, kuten asemakaavan, kantakartan jne. GML-muodossa. KuntaGML-standardin taustalla on tarve saada kuntien tuottamat paikkatiedot jatkokäyttöön vakioidussa muodossa ([Kuntaliitto, 19.5.2011](#)). Kuntien paikkatietoaineistojen yhdenmukaistamisen voidaan katsoa edistävän myös Inspire-direktiivin toteutumista. KRYSP ei kuitenkaan virallisesti ole osa direktiivin toteuttamiseksi tehtyä työtä vaan Suomen Kuntaliiton toteuttama itsenäinen kehityshanke ([MML, 2013c](#)).

KRYSP:n vastuulla on ollut myös KuntaGML:n ylläpito ja kehittäminen. Nyt hankkeen jo päätyttyä on ilmennyt tarpeita jatkaa KuntaGML:n kehittämistä, jotta se tukisi paremmin Inspiren julkaisuvaatimuksia ja SADe-ohjelman tarpeita. KRYSP-hankkeen jatkon valmistelusta olikin olemassa viitteitä jo vuonna 2012 ([Soukki, 2012](#)). Sitten KuntaGML:n kehitystä näytetäänkin jatkuvan sekalaisten kehityshankkeiden yhteydessä. ([Kuntaliitto, 19.5.2011](#))

KRYSP:n päättyessä jäi epäselväksi riittävätkö erilliset toisiaan seuraavat kehityshankkeet pitämään KuntaGML:n elinvoimaisena, vai tarvitaanko tähän lopulta selkeää ylläpitostrategia ja taho jonka ympärille kehitystoiminta on keskitetty.

Vuoden 2016 alussa Kuntaliitto avasi käyttäjille maksullisen Kuntatietoalvelu KTP:n, joka hakee ajantasaisia tietoja kuntien järjestelmistä KuntaGML-rajapintoja hyödyntämällä. Palvelu on suunnattu muille hallinnon toimijoille ja yrityksille ja sen maksullisuutta perustellaan palveluinfrastruktuurin ylläpidolla. Tiedotteiden perusteella on epäselvää aiotaanko maksuja hyödyntää myös KuntaGML:n kehittämiseen. ([Kuntaliitto, 2016](#))

### 2.2.3 Sähköisen asioinnin ja demokratian vauhdittamisohjelma (SADe)

SADe-ohjelma on laaja kansallinen sähköisten palvelujen kehitys- ja koordinoitihanke, jonka toteutuksesta vastaa valtiovarainministeriö. Ohjelma koostuu seitsemästä erillisestä hankkeesta joiden koordinoinnista vastaavat asianomaiset ministeriöt.

“SADe-ohjelma on ensimmäinen kokonaisvaltainen ja valtakunnallinen sähköisten palvelujen kehittämisohjelma Suomen julkisessa hallinnossa. Palveluilla pyritään vastaamaan asiakkaan tarpeisiin elämänkaaren eri vaiheissa ja tilanteissa hallinnonaloista ja organisaatioiden rajoista riippumatta.

Valtiovarainministeriön koordinoiman ohjelman toteutuksenn osallistuu useita eri toimijoita, kuten valtion viranomaisia, kuntia ja kuntayhtymiä, kolmannen sektorin toimijoita ja yrityksiä. Ohjelmalla on oma johtoryhmä, jossa ovat edustettuina hankkeiden vastuuministeriöt, Suomen Kuntaliitto, kunnat ja valtiovarainministeriö.” ([Valtiovarainministeriö \[VM\], 2013b](#))

### 2.2.3.1 Rakennetun ympäristön ja asumisen palvelukokonaisuus (RYPK)

Rakennetun ympäristön palvelukokonaisuus on ympäristöministeriön koordinoima osa SADe-ohjelmaa. Ympäristöministeriön sivuilla aiheesta on käytetty nimeä Asumisen ja Rakentamisen ePalvelut.

“Rakennetun ympäristön ja asumisen palvelukokonaisuus tarjoaa asumiseen ja rakentamiseen liittyviä lupa-, haku-, tieto- ja analyysipalveluita verkossa. Kansalaiset, asunto-osakeyhtiön toimihenkilöt, yritykset ja yhteisöt voivat niiden avulla asioida viranomaisten kanssa ja esimerkiksi aloittaa lupaprosesseja.” (VM, 2013a)

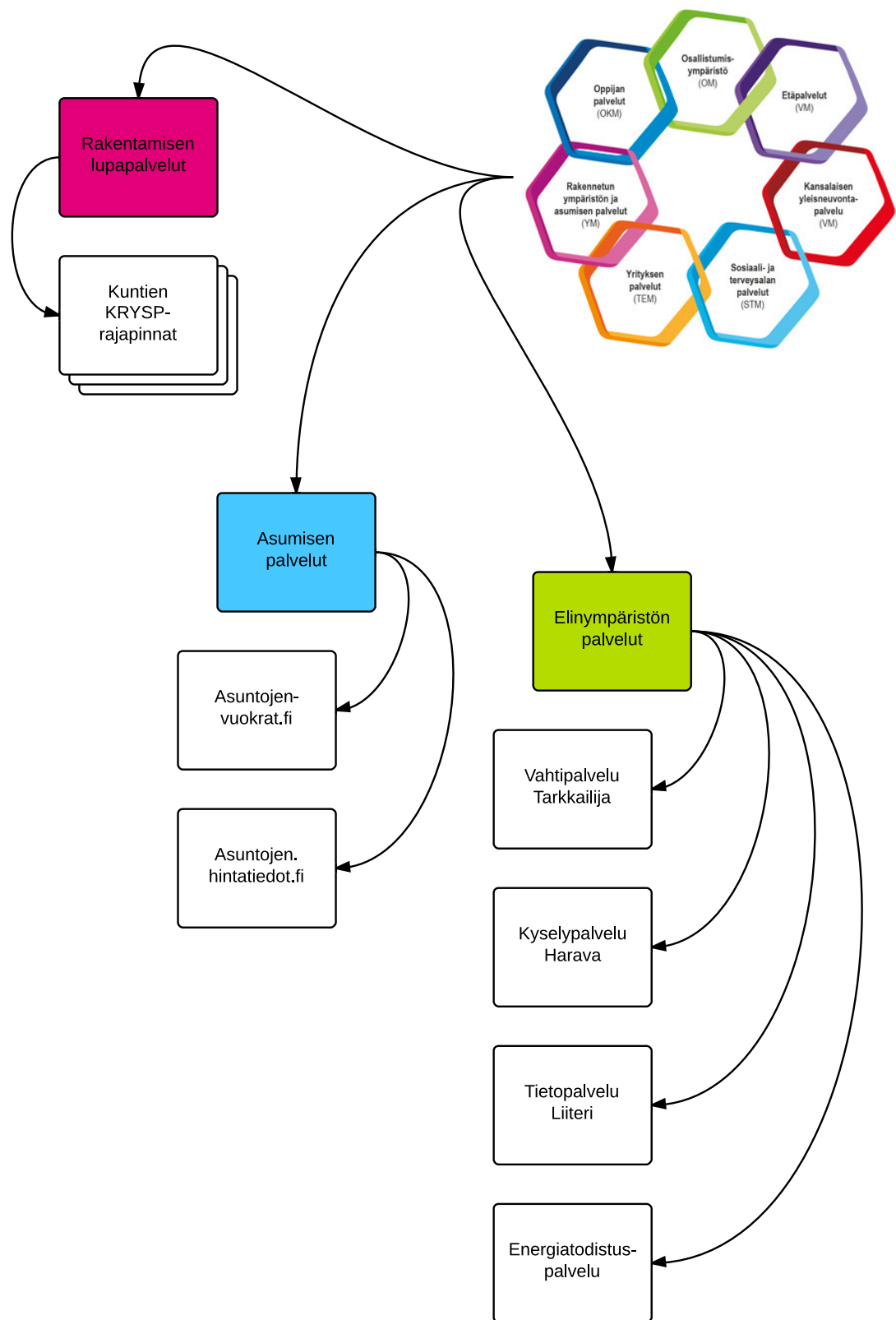
“Asumisen ja Rakentamisen ePalvelut tuotetaan osana valtiovarainministeriön Sähköisen asioinnin ja demokratian vauhdittamisohjelmaa (SADe-ohjelma), jonka tavoitteena on edistää kansalaisten ja yritysten sähköistä asiointia.” (Ympäristöministeriö [YM], 22.5.2012)

Palvelukokonaisuuden toteutus on jaettu Rakentamisen lupapalveluihin, Asumisen palveluihin ja Elinympäristön tietopalveluihin, joista: Rakentamisen lupapalvelut kokoaa yhteen kuntien KRYSP-rajapintojen avulla toteutetut kuntien lupapalvelut osoitteessa lupapiste.fi. Palvelun toteutuksesta vastaa ympäristöministeriö (YM, 14.1.2013). Asumisen palvelujen käytännön toteutuksesta vastaa Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, ARA. Toteutettuja palveluja ovat [www.asuntojenvuokrat.fi](http://www.asuntojenvuokrat.fi) ja [asuntojen.hintatiedot.fi](http://asuntojen.hintatiedot.fi) (YM, 8.5.2013). Elinympäristön tietopalveluita ovat [etarkkailija.fi](http://etarkkailija.fi), Harava [www.eharava.fi](http://www.eharava.fi), Liiteri [liiteri.ymparisto.fi](http://liiteri.ymparisto.fi) ja [energiatodistus.motiva.fi](http://energiatodistus.motiva.fi) (YM, 5.6.2013). Tarkkailija on vahtipalvelu joka viestittää käyttäjälle häntä kiinnostavien ympäristöjen muutoksista. Kyselypalvelu Haravassa käyttäjä voi kertoa viranomaisille tuntemiensa alueiden tilasta karttaliittymän avulla. Elinympäristön tietopalvelu Liiteri on elinympäristöä koskevien tietojen varasto- ja luokittelupalvelu. Energiatodistuspalvelu taas kokoaa yhteen tiedot rakennusten energiatodistuksista.

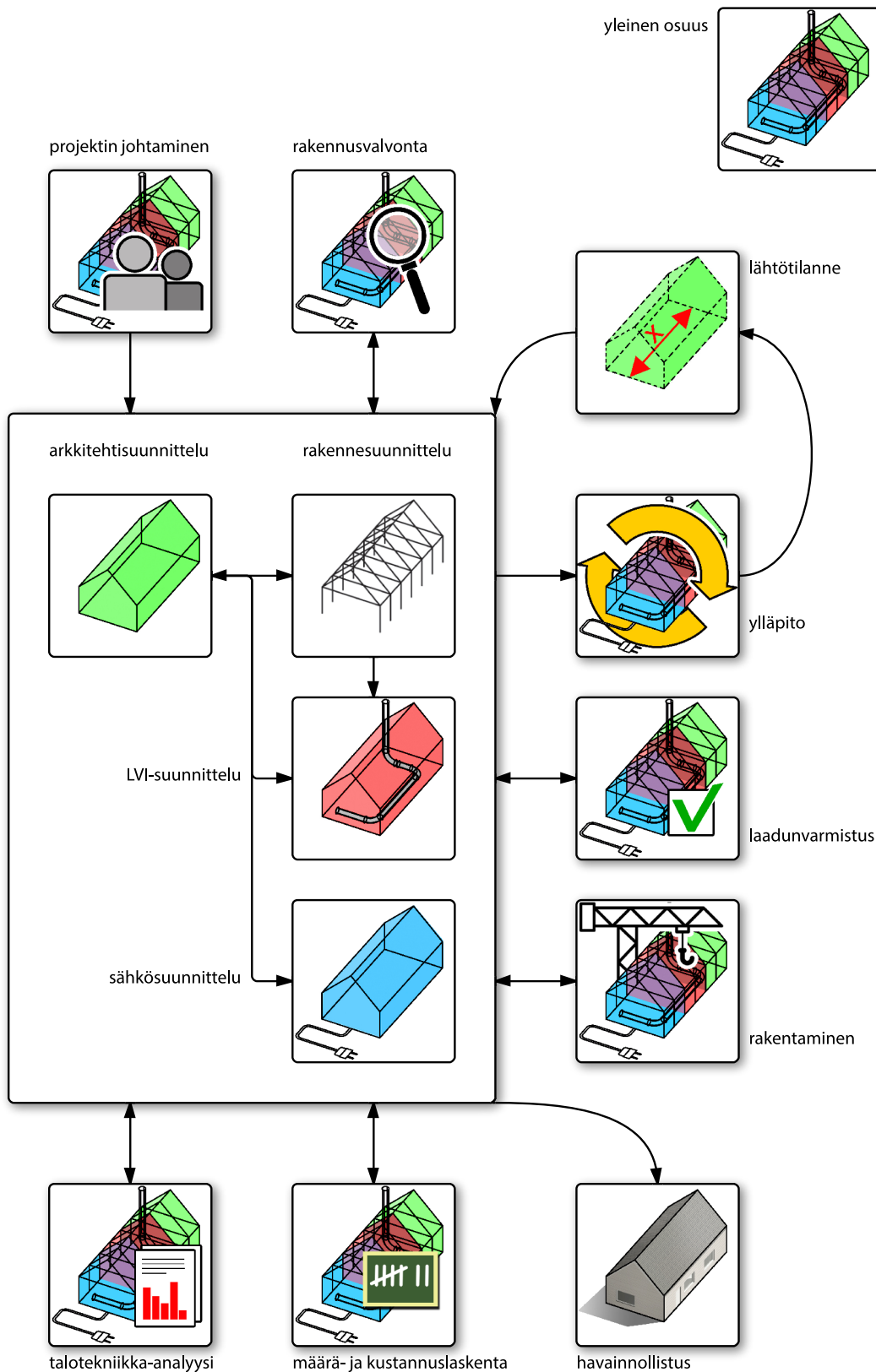
Etenkin KRYSP-rajapintoja hyödyntävällä lupapiste.fi -palvelulla tulee olemaan kansallista standardointia edistävä vaikutus, koska useat kunnat halunnevat lupapalvelujensa olevan saavutettavissa tämän maanlaajuisen portaalin kautta.

### 2.2.4 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) on 14-osainen ohjeasiakirjasarja joka pyrkii vakioimaan rakennusten mallintamisen käytäntöjä Suomessa. Sen juuret ovat Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2007 tietomallivaatimuksissa, jotka varsin nopeasti julkaisunsa jälkeen vakiinnuttivat asemansa suomalaisen mallintavan rakennussuunnittelun pohja-asiakirjana. Vuonna 2010 oltiin jo tilanteessa, jossa monet näkivät tarpeelliseksi päivittää ”Senaatin vaatimukset” alan yleisiksi ohjeiksi. Seurauksena käynnistettiin Rakennustietosäätiön vetämä COBIM-hanke ja sen tuloksena syntyivät Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Hankkeena, YTV:iin viitataan toisinaan myös sen englanninkielisestä nimestä, Common BIM requirements, johdetulla lyhenteellä COBIM, kuten esimerkiksi Rakennustietosäätiön Christer Finnen (2012) hanketta kuvaavassa konferenssijulkaisussa.



YTV kokoaa yhteen kuluneen reilun kolmenkymmenen vuoden aikana Suomessa syntyneet menettelytavat tietomallien hyödyntämiseksi rakentamisessa. Erityinen painoarvo on 2000-luvun aikana toteutetuista pilottihankkeista saaduilla kokemuksilla. Luonnollisesti useat YTV:n kirjoittajista ovat osallistuneet näihin hankkeisiin. YTV:n tavoitteena on ollut luoda pohja tietomalleihin perustuvan suunnitteluprosessin sopimusten laatimiselle. (Finne, 2012)



Kokonaisuutena YTV:ia voi luonnehtia Suomen nykyiseen toimintaympäristöön sopivaksi kokoelmaksi rakennusten tietomallintamisen parhaita käytäntöjä. Suunnittelusopimusten näkökulmasta YTV on todellakin ainoastaan alusta. Monet sen antamista ohjeista eivät ole yksityiskohtaisia vaan painottavat hankekohtaista harkintaa. Toisaalta YTV:ia voikin tarkastella eräänlaisena tarkistuslistana.

## 2.2.5 SÄHKE-normistot ja Julkisen hallinnon standardisalkku

Arkistolaitoksella on tärkeä rooli suomalaisessa julkisen tiedon pitkäaikaissäilytyksen ohjauksessa. Käytännössä julkishallinnon tuottamien, arkistolain piiriin kuuluvien tietojen säilytyksen tiedostomuodoista ja menetelmistä on määrätty arkistolaitoksen SÄHKE-normein.

“Arkistolaitoksen SÄHKE-normit ohjaavat julkishallinnon asiakirjahallintaa sähköisessä toimintaympäristössä. Määräykset antavat reunaehdot asiakirjallisten tietojen käsittelyprosessien sähköistämiseksi ja tiedon luotettavalle sähköiselle säilyttämiselle.”

--

Julkisen hallinnon organisaation aineistojen säilyttäminen pysyvästi yksinomaan sähköisessä muodossa edellyttää arkistolaitoksen myöntämää sähköisen säilyttämisen lupaa. Edellytyksenä luvalla on, että luvan kohteena oleva tietojärjestelmä täyttää arkistolaitoksen SÄHKE1- tai SÄHKE2-normin vaatimukset.” ([Arkistolaitos, 2012](#))

Viime aikoihin asti SÄHKE-normit ovat määränneet pitkäaikaissäilytykseen luovutettavien tietojen tiedostomuodoista ja valikoima on ollut suppea etenkin alkujaan sähköisessä muodossa olevien aineistojen näkökulmasta. Tällä säätelyllä on varmasti ollut vaikutuksensa julkisen hallinnon organisaatioiden sisäisiin arkistointimenettelyihin, koska pitkäaikaissäilytykseen luovutettavat asiakirjat ovat – hieman yksinkertaistaen – julkisen hallinnon tietojen lopputuotteita ([Arkistolaki, 831/1994](#)).

“Jos arkistolaitokseen siirretään alkuperäisessä tiedostomuodossa olevia asiakirjatiedostoja (natiivimuoto), tulee näiden lisäksi toimittaa arkistolaitokseen sen hyväksymät tiedostomuodot.” ([AL 9815/07.01.01.00/2008](#))

On tietenkin luonnollista, ettei pitkäaikaissäilytykseen voida kelpuuttaa tiedostomuotoja ilman tarkkaa harkintaa. Etenkin on tärkeää varmistua siitä, että arkistoitavien tiedostomuotojen eteenpäin yhteensopivuus on mahdollisimman hyvä.

Tarve alkujaan sähköisessä muodossa tuotettujen aineistojen arkistoinnille on joka tapauksessa tunnistettu niin valtionhallinnossa ([YM & Solita Oy, 5.1.2012](#)) kuin arkistolaitoksessakin.

“Arkistolaitos on käynnistänyt SÄHKE3-normin suunnittelun. SÄHKE3-normi tulee kohdentumaan arkistolain piiriin kuuluvien organisaatioiden alkujaan digitaalisessa muodossa oleviin aineistoihin, erityisesti rekisterimuotoisiin tietokantoihin. Tavoitteena on saada SÄHKE3-normi voimaan vuosien 2013-2014 aikana.” ([Arkistolaitos, 2011](#))

Valmistuessaan SÄHKE3 tulee poikkeamaan aiemmista SÄHKE-normeista pitkäaikais-säilytykseen hyväksyttävien tiedostomuotojen määrittelyn osalta. Pitkäaikaissäilytykseen hyväksyttäviä tiedostomuotoja ei jatkossa kirjattane normin sisään vaan ne määriteltäneen normin ulkopuolella nk. julkisen hallinnon standardisalkussa ([Eräkaski, 2013](#)). Toteutuessaan menettely mahdollistaa pitkäaikaissäilytyksen standardiston nykyistä ketterämmän ylläpidon.

Arkistolaitoksen vuonna 2011 julkistamasta tavoitteesta huolimatta SÄHKE3 ei ole vielä voimassa. Tilanne saattaa liittyä Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus Valtorin perustamiseen ja sen aiheuttamiin muutoksiin valtionhallinnon tietosisältöjen standardoimisen käytännöissä.

#### 2.2.5.1 Julkisen hallinnon standardisalkku (JHS 181)

Julkisen hallinnon standardisalkun tarkoitus on koota yhteen julkisessa hallinnossa käytettävät tiedonhallinnan standardit. Standardisalkku helpottaa julkisen hallinnon tietojärjestelmien kehittämistä. Siihen viitaten julkisen hallinnon toimijoiden on yksinkertaista vaatia tietojärjestelmien toimittajilta keskenään yhteensopivia ratkaisuja.

”[JHS 181] suosituksessa määritellään julkisen hallinnon standardisalkku, eli kokoelma standardeja tai muita vastaavia eritelmiä, joita suositellaan käytettäväksi julkisen hallinnon tietohallinnossa. Tämä suositus on tarkoitettu sovellettavaksi julkisen hallinnon tietohallinnon kehittämisessä, erityisesti tietojärjestelmien ja niiden välisen yhteentoimivuuden kehittämisessä. Suositus ei ota kantaa tietoliikennettä tai IT-laitteistoja koskeviin standardeihin.”  
([Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta \[JUHTA\], 2011](#))

Julkisen hallinnon standardisalkku -suositusta ei ole päivitetty vuoden 2012 jälkeen ja siinä osoitettu standardien sijaintipaikka yhteentoimivuus.fi on lopetettu vuonna 2015 ja siellä ollut materiaali on siirretty uuteen Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus Valtorin ylläpitämään avoindata.fi -palveluun ([Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus \[Valtori\], 11.3.2015](#)).

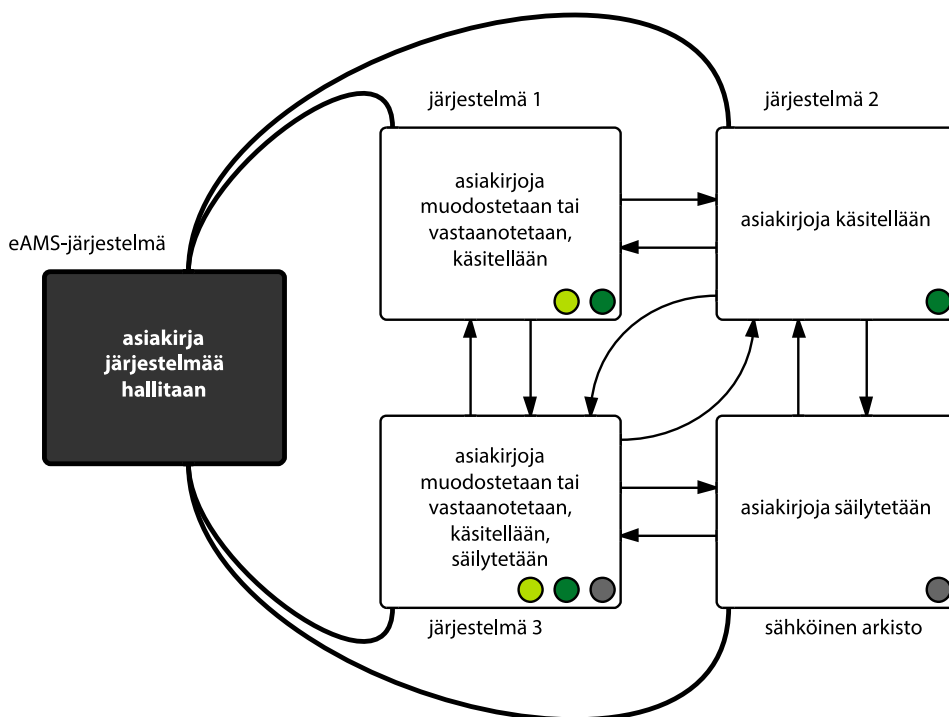
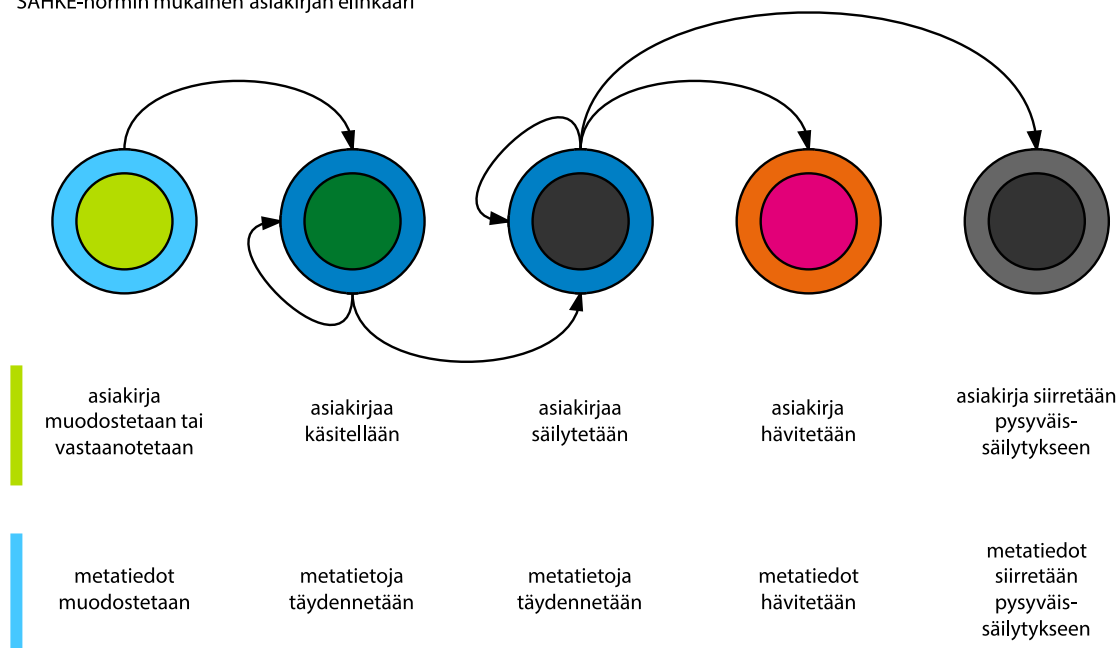
#### 2.2.5.2 Avoindata.fi

Avoindata.fi on valtionhallinnon tietovarantojen avaamista ja yhteentoimivuutta ja tukemaan kehitetty palvelu jonka ylläpidosta vastaa Valtori.

”Avoindata.fi-palveluun on toteutettu osana Valtiovarainministeriön avoimen tiedon ohjelmaa, jossa luodaan edellytyksiä julkisen hallinnon organisaatioiden hallinnoimien avointen tietoaineistojen avaamiseen ja tehostetaan avointen tietoaineistojen käyttöä. Tavoitteena on, että keskeisimmät julkisen hallinnon tietovarannot ovat avoimesti ja maksuttomasti saatavilla verkossa.

Avoindata.fi-palvelu sisältää yhteentoimivuutta edistäviä kuvauksia ja ohjeita sekä välittää ajankohtaista tietoa kehittämistyöstä ja koulutuksesta. Suunnittelutiedon jakaminen ja uudelleenkäyttö vähentää päällekkäistä työtä.” ([Valtori, 10.03.2015](#))

SÄHKE-normin mukainen asiakirjan elinkaari



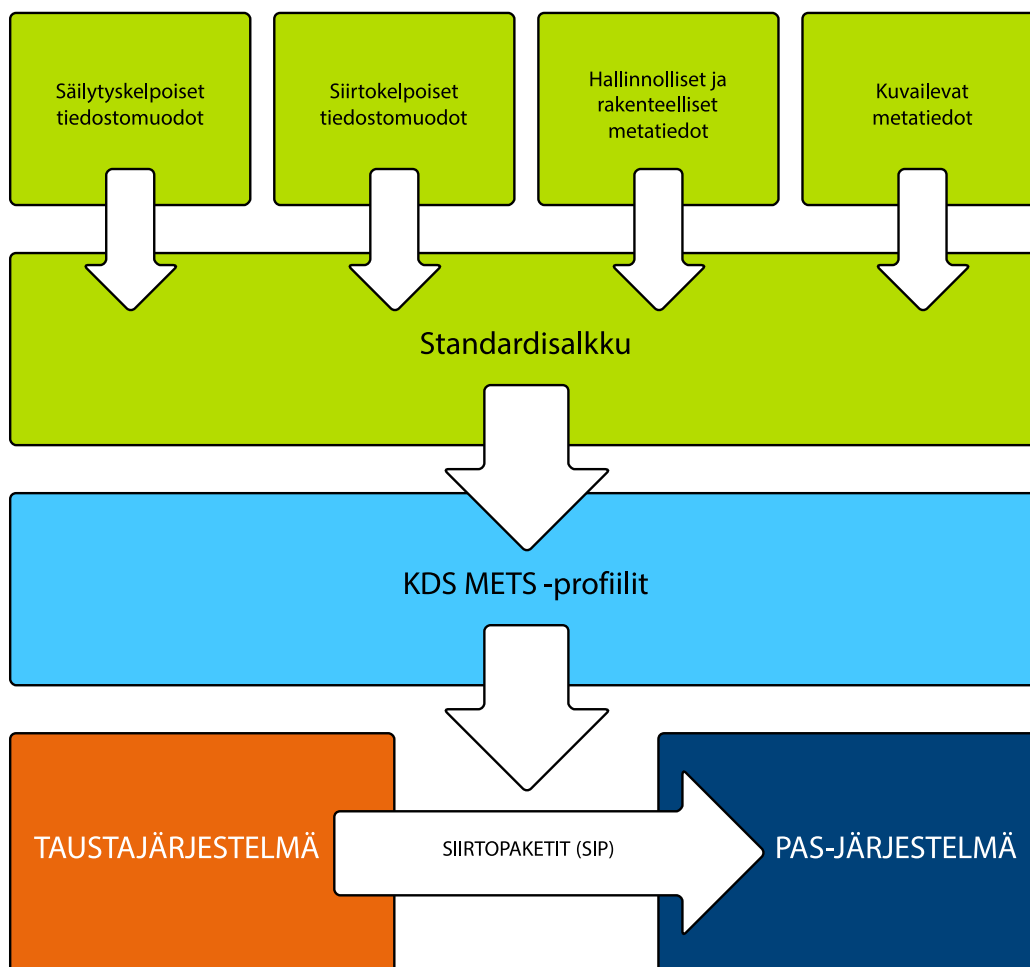
## 2.2.6 Pitkäaikaissäilytyksen suunnittelu- ja toteuttamishanke (PAS)

Pitkäaikaissäilytyksen suunnittelu- ja toteuttamishanke (PAS) on osa Kansallisen digitaalisen kirjaston (KDK) toimintaa. KDK puolestaan on Opetus- ja kulttuuriministeriön luotsaama digitaalisten aineistojen pitkäaikaissäilytyksen koordinoitihanke, joka kuvaillee itseään seuraavasti:

”Kansallinen digitaalinen kirjasto (KDK) on hanke, jonka tarkoituksena on varmistaa kulttuurin ja tieteen sähköisten aineistojen laadukas hallinta, palvelujen esteetön saatavuus ja luotettava pitkäaikaissäilytys.” ([Kansallinen digitaalinen kirjasto \[KDK\], 2012](#))

PAS-hankkeen tarkoituksena on kehittää kirjastojen, museoiden ja arkistojen hallussa olevien digitaalisten aineistojen pitkäaikaissäilytykseen yhtenäisratkaisu. Hankkeen ku-  
luessa digitaalisen informaation pitkäaikaissäilytyksen teoreettinen tausta on selvitetty  
perinpohjaisesti. Kuten tavallista hankkeessa on päädytty ensisijaisesti kannattamaan  
avoimia standardeja tiedon säilytettävyyden varmistamiseksi. Suljettuja de facto -stan-  
dardeja suositellaan käytettäväksi vain tapauksissa, joissa avoin vaihtoehto puuttuu  
kokonaan. Hankkeessa tarkastellut säilytettävät tietosisällöt ovat tekstiä, ääntä, kuvia,  
elävää kuvaa, verkkoarkistoja ja tietokantoja. (KDK, 2011a)

PAS-järjestelmän ja standardisalkun suhde



Säilytettävien tietosisältöjen rajauksesta huolimatta merkittävä osa PAS-hankkeen sel-  
vitystyöstä on sellaisenaan sovellettavissa myös maankäytön ja rakentamisen semant-  
tisten tietojen säilytykseen. Kansallisen digitaalisen kirjaston pitkäaikaissäilytysratkaisun  
toteuttamissuunnitelmassa (KDK, 2011b) pitkäaikaissäilytyksen menetelmät on jaettu  
kolmeen kategoriaan:

1. Bittien säilyttäminen
2. Sisällön ymmärrettävyyden säilyttäminen
3. Alkuperäisen käyttökokemuksen säilyttäminen



Näistä sisällön ymmärrettävyyden säilyttämisen menetelmät ovat tämän tutkimuksen kannalta kiinnostavia. Alkuperäisen käyttökokemuksen säilyttäminen tarkoittaa tietojärjestelmien kohdalla alkuperäisten tai niitä vastaavien laitteistojen ylläpitoa ja kuuluu täten lähinnä museotoiminnan piiriin. Esitettyyn luokitteluun liittyvä tärkeä havainto on, ettei bittien säilyttäminen takaa ymmärrettävyyden säilyvyyttä, vaikka luokin sille perustan. Nopeaan kehittyvät tietojärjestelmät eroavat edellisen sukupolven paperiarkistoista: lyhyehkökin arkistointijakso voi vaatia tiedon aktiivista ylläpitoa.

### 2.2.7 Built Environment Process Re-engineering (PRE)

PRE on vuosina 2010–2014 toteutettu RYM Oy:n ja Tekes:n rahoittama laaja tutkimusohjelma, jossa tutkittiin tiedonhallinnan ja tiedon tuottamisen muutosta alueiden käytön, yhdyskuntatekniikan ja rakentamisen suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa. Ohjelman tavoitteena oli luoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja. Hanke on laajuutensa vuoksi ollut merkittävä suomalaisen alueidenkäytön ja rakentamisen tiedonhallinnan koordinoinnin kehittymiselle. Edellä esitellyt hankkeet ovat osaltaan luoneet pohjaa PRE-ohjelman tutkimukselle, jossa pyrittiin yhdistämään lukuisten eri tieteenalojen asiantuntemusta.

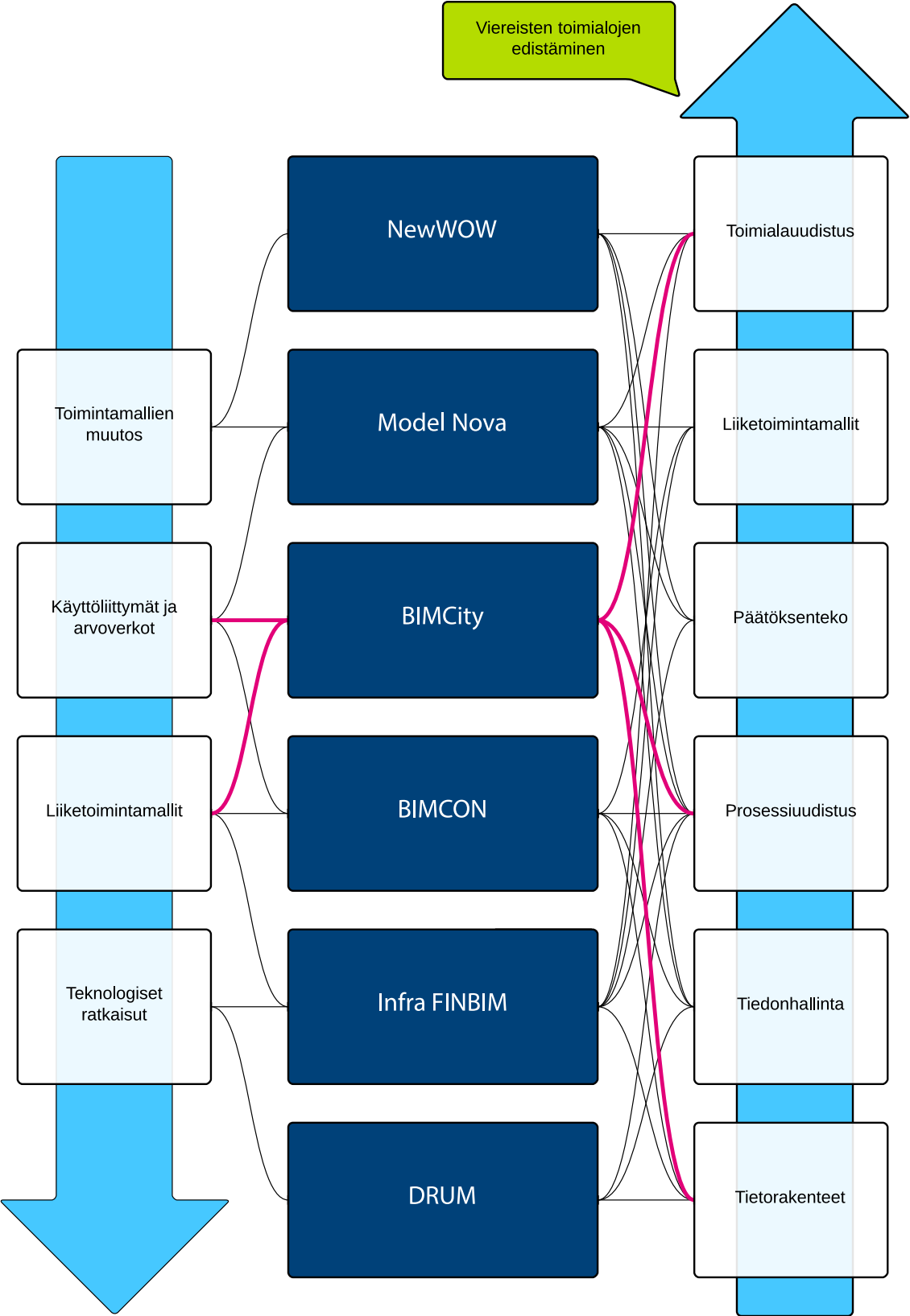
PRE-tutkimushanke koostui kuudesta työpaketista

1. Model Nova – Tietomallin käyttö kiinteistön elinkaaren aikana kiinteistöomistajan näkökulmasta (Senaatti-kiinteistöt)
2. NewWow – Tietotyön muuttuva luonne ja vaatimukset sekä seuraukset organisaation ja tilojen johtamiseen (Rapol Oy)
3. BIMCON – Tietomallipohjainen tuotetiedonhallinta teollisen rakentamisen toimitusketjussa (Skanska Oy)
4. DRUM – Tietomallit ja standardit (Tekla Oyj)
5. Infra FINBIM – Infra-alan tulevaisuuden innovaatiopohjainen toimitusketju (VR Track Oy)
6. BIMCity – Yhdyskuntatasoisen rakennetun ympäristön digitaalisten mallien jakamisen, arvioinnin ja kehittämisen alusta (FCG Oy)

Tämä diplomityö on aloitettu osana PRE ohjelman BIMCity-työpakettia ja alkujaan tarkoituksena oli selvittää alueidenkäytön hallintajärjestelmän toimintaa. Työn valmistuminen kuitenkin viivästyi ja PRE-ohjelman päätyttyä työn luonne on muutettu BIMCity-työpaketissa käsiteltyjen ilmiöiden kokonaiskuvaan luotaavaksi.

Kirjoittajan mielestä PRE:n vaikuttavimmat tulokset syntyivät Model Nova-, DRUM- ja Infra FINBIM -työpaketeissa.

Model Novassa keskityttiin hieman alkuperäisestä aiheesta poiketen tutkimaan uusia tiedon välittämiseen liittyviä työnteon tapoja. Työpaketin tärkein saavutus oli solmutyöskentely-nimisen työpajatyöskentelymallin soveltaminen rakennusallalle.



DRUM-työpaketissa tarkasteltiin kriittisesti rakennusalan tärkeintä tiedonsiirtostandardia IFC:tä. Tutkimuksen seurauksena IFC:tä kehittävään BuildingSMART Internationaliin on perustettu työryhmä linkitetyn datan ifcOWL-spesifikaation kehittämiseksi. Uudesta IFC-pohjaisesta ontologiasta hyötyisivät ennen kaikkea tietoverkossa toimivat IFC-dattaa käyttävät sovellukset. DRUM-työpaketti on lisäksi poikinnut DRUMBEAT-nimisen jatkohankkeen, jossa kehitetään ifcOWL-pohjaisia sovelluksia muun muassa rakennusten ylläpidon käyttöön.

Infra FINBIM kehitti infrasuunnitteluun rakennussuunnittelun YTV:tä vastaavat Yleiset inframallivaatimukset, joilla luultavasti tulee olemaan suuri standardoiva vaikutus inframallintamiseen.

#### 2.2.7.1 Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)

Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV) on 12-osainen ohjeasiakirjasarja joka pyrkii vakioimaan inframallintamisen käytäntöjä Suomessa. Sen juuret ovat rakennusten mallintamisen käytäntöjä kuvaavasta YTV 2012:sta saaduissa kannustavissa kokemuksissa. YIV kokoaa yhteen infratiedon LandXML-standardin suomalaisen Inframodel-sovellusohjeen kehitystyön aikana kertyneet parhaat käytännöt.

#### 2.2.8 Yhteenveto aluetietoon liittyvästä kehitystyöstä

Aluetietoon liittyvän tiedonhallinnan saralla on viime aikoina tehty runsaasti kehitystyötä. Kehitystyön tärkeimpänä tavoitteena on nähtävissä yhteentoimivuuden kehittäminen monista näkökulmista. Tietovarantojen yhteentoimivuus halutaan laittaa kuntoon, niin hankkeiden aikana kuin niiden välilläkin. Jopa tiedonpitkäaikaissäilytyksen piirissä, jossa aineistot tyypillisesti ovat vuosikymmeniä vanhoja, halutaan ennakoivasti ratkaista tulevia digitaalisen tiedon tuomia haasteita.

Parantuvan yhteentoimivuuden odotetaan tarjoavan ratkaisuja julkishallinnon sisäiseen tiedonvaihtoon ja palvelevan myös julkishallinnon tietoja hyödyntäviä yksilöitä, yhteisöjä ja yrityksiä. Samalla uskotaan yhteentoimivuuden varaan rakennettujen uusien palvelujen edistävän demokratiaa ja tehostavan koko yhteiskunnan toimintaa. Tämän tavoitteen kannalta alueidenkäytön tiedonhallinta on vain yksi selvitettävä sivujuonne.

Yhteentoimivuuden perustaksi halutaan rakentaa laaja standardisten tietomuotojen ja palvelurajapintojen tietoinfrastrukturi. Alueidenkäytön ja rakentamisen tiedonsiirron käytäntöjen ja tietomallien käytön kehittäminen liittyy hyvin tuohon laajempaan viitekehukseen, vaikka harva asian parissa työskentelevä asiaa useinkaan siltä kantilta ajattelee.

Kehitystyön aikana on toistuvasti törmätty huoleen nykyisten tietosisältöjen ja tietojärjestelmien elinkaaresta. Digiajan ensimmäiset vuosikymmenet on vietetty lähes välittämät-

tä tietosisältöjen ymmärrettävyyden säilymisestä, kunnes yhtäkkiä ollaankin tilanteessa, jossa monet ongelmalliset tietomuodot ja kestäättömät tietojärjestelmät ovat osa monien organisaatioiden perustoimintaa, ja joita ilman toimintaa olisi vaikea kuvitella. Eräs ehdotettu ratkaisumalli on pyrkiä purkamaan syntyneitä toimittajaloukkuja ja vähentämään toimittajariippuvuuden syntymistä jatkossa. Yhteentoimivuudelle haitalliset toimittajariippuvuudet tulevatkin varmasti puhuttumaan vielä vuosia tulevaisuuteen.

Toimittajariippuvuus vaikuttaa julkishallinnossa sekä ohjelmistojen valintaan, että tiedon säilytysmuotoihin. Toimittajariippuvuuden kannalta kriittisiksi kohdiksi tietoinfrastruktuurissa nähdään laajat ja pitkäikäiset julkishallinnon tietojärjestelmät sekä pitkäaikaissäilytettävät tietosisällöt. Molempien kokonaisuuksien kohdalla ratkaisuksi on ehdotettu toimittajariippuvuuden välttämistä. Sekä PAS-hankkeessa, että SADe-ohjelmassa on otettu kantaa toimittajariippuvuuteen. PAS-hankkeen esittämät kriteerit tiedostomuotojen arvioimiseksi pitkäaikaissäilytyksen ja käytettävyyden turvaamisen kannalta huomioivat toimittajariippuvuuden (KDK, 2011a). SADe-ohjelman avoimen lähdekoodin toimintamalli määrittelee toimittajariippuvuuden seuraavasti:

“Toimittajariippuvuudella (engl. vendor lock-in) tarkoitetaan tilannetta, jossa asiakas lukkiutuu tiettyyn tuotteeseen ja sitä kautta tuotteen tai palvelun toimittajaan. Monesti tilanteessa syntyy nk. de facto –monopoli, koska vaihtamisesta kilpailevaan tuotteeseen syntyisi liian suuret kustannukset. Ohjelmistoissa suljetut ohjelmistot voivat muodostaa tällaisen tilanteen, koska yleensä kukaan muu kuin ohjelmiston kehittäjäyhtiö tai sen valtuuttamat myyntikanavat eivät voi tarjota palveluja hankitulle ohjelmistolle. Avoimen lähdekoodin ohjelmistojen käytössä riski toimittajariippuvuudesta on oleellisesti pienempi.” (VM, 2012)

Viimekädessä yhteentoimivuudella halutaan varmistaa tietoinfrastruktuurin kehittyminen kestäväksi ja digitaalisten tietovarantojen säilyminen ymmärrettävinä tulevaisuuteen. Kehitystyön punaisena lankana lieneekin visio digitaalisen tiedon pimeän keskiajan päättämisestä.

## 2.3 Tiedonhallinnasta ja tiedon ylläpidosta yleisesti

Tiedonhallinta on murroksessa jonka vaikutukset ovat nähtävissä kaikessa tietotekniikkaan tukeutuvassa toiminnassa. Jopa tätä diplomityötä tutkimusta voi pitää eräänlaisena esimerkkinä vaikutuksista. Vaikka keräämäni tutkimusaineisto koostuu suuriltaosin verkkolähteistä, noudatetaan lähteiden esittämisessä silti perinteistä akateemista viittauskäytäntöä ajalta, jolloin tieto oli ensisijaisesti olemassa pysyvinä asiakirjoina. Verkkolähteisiin viittaaminen ja niiden käyttö tutkimusdatana on ongelmallista, koska verkkosivujen säilyvyys on huono ja siksi viittaukset niihin vanhenevat helposti. Käytännössä vain harvoin verkkolähteisiin on hyödyllistä viitata ainoastaan niiden alkuperäisellä osoitteella ja tutkimuksen taustatietojen säilyvyyden varmistamiseksi tekijän olisikin parasta arkistoida kaikki käyttämänsä verkkolähteet.

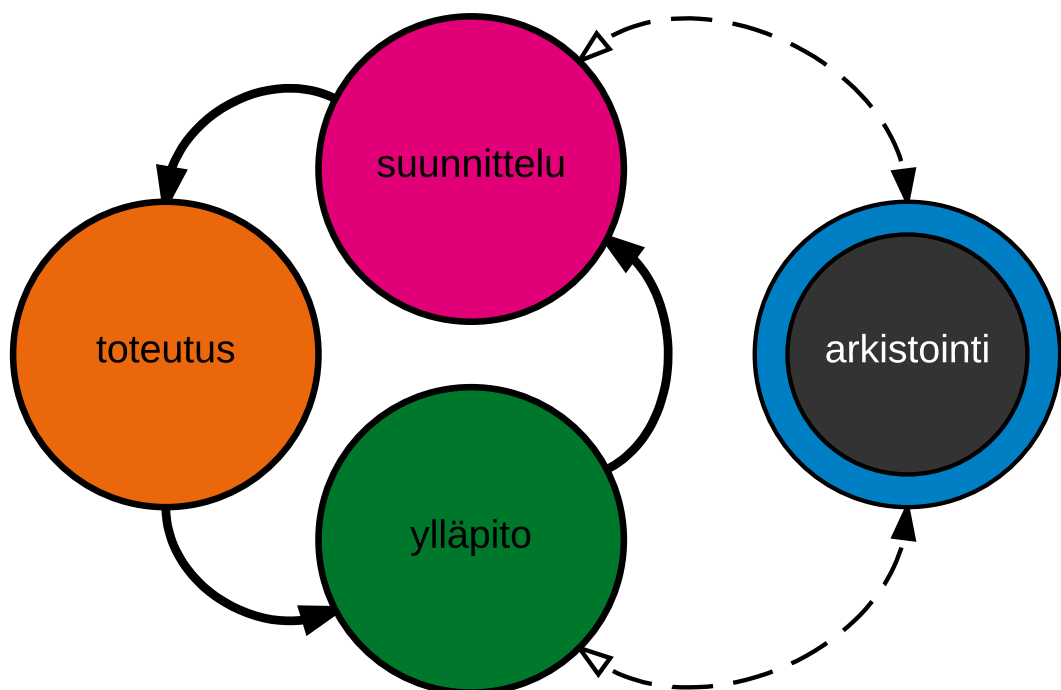
Kysymykset lähteiden arkistoinnin tekijänoikeudellisista ulottuvuuksista ovat kuitenkin edelleen osittain avoimia, eikä käytettävissä olevien, usein vapaaehtoisuuteen perustuvien, arkistopalvelujen pysyvyydestä ole takeita. Samaa tilanteen epäselvyyttä heijaste-

levat myös useat viittausohjeet, jotka joko sivuuttavat ongelman tai jättävät kertomatta kuinka arkistointi olisi suositeltavaa tehdä, vaikka ongelma on ollut olemassa ja jatkuvasti pahentunut jo yli kaksikymmentä vuotta. Esimerkkitapauksesta käyvät vaikkapa TTY:n lähdeviittausuositukset vuodelta 2015 ([Kunta, 7.1.2015](#)), jotka eivät ota kantaa verkkolähteiden arkistointiin.

Edellisellä alustuksella ei tarkoiteta, ettei perinteisten julkaisumekanismien läpi kulkeella tiedolla edelleen olisi vahvuutensa. Ellei muuta, niin vertaisarvioitu tai vähintään kustantajan julkaisema aineisto, on sentään periaatteessa muidenkin kuin kirjoittajiensa arvioimaa ja luontaisesti hyvin säilyvää. Sellainen tieto muodostanee jatkossakin tieteellisen tutkimuksen perustan, mutta monin paikoin sen rinnalla tarvitaan hetkeen kiinnittyneitä verkkolähteitä. Alustuksen tarkoitus ei myöskään ole väheksyä huolella vaalittuja viittauskäytäntöjä tai niiden laatijoita, vaan valottaa arkipäiväisen esimerkin kautta miten hitaasti yksinkertaiseltakin vaikuttavat digitaalisen tiedonhallinnan kysymykset ratkeavat.

Ei siis ole yllättävää, että niin rakennusten tietomallinnuksen kuin paikkatietojärjestelmienkin perusteokset tuovat esille tiedonhallinnan merkityksen, vain todetakseen sen olevan kompleksista ([Longley ym., 2005, s. 653–706](#)), tai tyytyäkseen arvelemaan että viisailla tietojärjestelmävalinnoilla kaikki tiedonhallinnan ongelmat kyllä ratkeavat ([Eastman ym., 2008, s. 127–128](#)).

Lukujen 2.1 ja 2.2 perusteella alueidenkäytön ja rakentamisen tiedonhallinta on jaettavissa kolmeen luonteeltaan erilaiseen toimintaan. Suurin osa alueidenkäytön ja rakentamisen tietosisällöistä on hitaasti muuttuvia tietoja olemassa olevista kohteista. Rakennettujen kohteiden elinkaarella tätä vaihetta kutsutaan ylläpidoksi. Tiedonhallintaa värittävät ylläpitoon verrattuna nopeatempoiset muutos-, tai uudistuotannon hankkeet. Niiden tiedonhallinta eroaa tavoitteiltaan ja tiedon muutosnopeudeltaan ylläpitovaiheesta. Lisäksi tiedonhallintaan kuuluu pitkäaikaissäilytykseksi tai arkistoinniksi kutsuttu toiminta, jonka tarkoituksena on taltioida pysäytyskuvia olemassa olevasta tiedosta.



Seuraavassa listassa tunnistetut tiedonhallinnan osat on nimetty ja niiden toiminta kuvattu lyhyesti.

1. *Tiedonhallinta hankkeissa*, on usean toimijan välistä nopeatempoista vuorovaikutusta olemassa olevaan todellisuuteen tehtävien muutosten suunnittelun ja toteutuksen aikana.
2. *Tilannekuvan ylläpito*, tarkoittaa päätöksenteon tukena käytettävän tiedon jatkuvaa päivittämistä. Tilannekuva palvelee kokonaisuuksien hahmottamista, tulevien toimenpiteiden suunnittelua ja hankkeiden lähtötietojen muodostamista. Alueidenkäytön hallintajärjestelmässä on havaittavissa pyrkimys keskittää käytössä olevan tiedon päivittäminen Ympäristön tilan seurantaan. Ympäristön tilan seuranta kuitenkin on hajanainen kokonaisuus, jonka toimijat eivät välttämättä hahmota suorittavansa seuranta kokonaisuuden näkökulmasta. Esimerkiksi alueidenkäytön suunnittelutoimet saattavat katsoa toimivansa ainoastaan alueidenkäytön suunnittelussa ja rakennusvalvontatoimet taas rakentamisen ja maankäytön ohjauksessa. Alueidenkäytön hallintajärjestelmässä tilannekuvan ylläpito tapahtuu pääasiassa ympäristön seuranta
3. *Tiedon pitkäaikaissäilytys*, tarkoittaa jäädytettyjen tilannekuvien säilyttämistä ymmärrettävänä pitkälle tulevaisuuteen. Tiedon pitkäaikaissäilytys muodostaa muutoshistorian, jota vasten esimerkiksi järjestelmän rakenteen muuttumista ja tiedon laadullista tai määrällistä kehitystä voidaan arvioida.

	<b>Tiedonhallinta hankkeissa</b>	<b>Tilannekuvan ylläpito</b>	<b>Tiedon pitkäaikaissäilytys</b>
<b>Muutosnopeus</b>	nopea	verkkainen	staattinen
<b>Sisäinen vuorovaikutus</b>	kaikki vaikuttaa kaikkeen	yksittäiset osat päivittyvät	kokonaisuus on staattinen
<b>Suhde todellisuuteen</b>	kuvaa tulevaa tilannetta	kuvaa nykyistä tilannetta	kuvaa mennyttä tilannetta

Tiedonhallinta hankkeissa, tilannekuvan ylläpito ja tiedon pitkäaikaissäilytys siis eroavat toisistaan ainakin tiedon muutoksen nopeudessa, tietolähteiden vuorovaikutussuhteissa ja tiedon suhteessa fyysiseen todellisuuteen. Erilaisuudestaan johtuen ne myös asettavat erilaisia vaatimuksia tiedonhallinnalle. Siinä missä tiedon hyvä päivitettävyyys ja sujuva tiedonsiirto ovat keskeisiä hankekohtaisessa tiedonhallinnassa, pitkäaikaissäilytyksen on onnistuttava ratkaisemaan tiedon pysyvyys aikaväleillä, jotka pituutensa vuoksi ovat informaatioteknologialle vieraita. Näiden ääripäiden väliin sijoittuvassa tilannekuvan ylläpidossa on molempien ominaisuuksia.

Verkottuneessa toimintaympäristössä tiedonhallinta on aina myös monimutkaisuuden

hallintaa. Verkottuminen ja digitalisaatio on saattanut kasvattaa monimutkaisuutta, mutta myös parantanut mahdollisuuksia tutkia monimutkaisuutta ilmiönä. Hieman yllättäen tutkimuksen keskeisin kysymys on edelleen monimutkaisuuden määritelmän löytäminen. Vaikka intuitiivisesti vaikuttaa selvältä, että monimutkaisuus on kasvanut monella tasolla, aina maailmankaikkeuden rakenteesta tietorakenteisiin, ilman selkeää määritelmää kasvua on kuitenkin vaikeaa, ellei mahdotonta mitata ([Lineweaver, ym. 2013](#)). Tieteessä monimutkaisuuden hahmottamista kutsutaan kompleksisuusteoriaksi, jonka nykykäsityksen mukaan alueidenkäytön hallintajärjestelmä on luettavissa kompleksisiin adaptiivisiin järjestelmiin ([Brock, 2000 s. 1–27; Miller & Page, 2007 s. 1-8, 46–53 ja 243–244](#)). Näille järjestelmille on luonteenomaista, että ne koostuvat verkottuneista toisiaan muistuttavista osakokonaisuuksista, jotka ovat syntyneet sopeumina toimintaympäristön muutoksiin ja joiden olemassaolo parantaa kokonaisjärjestelmän pysyvyyttä.

### 2.3.1 Tiedonhallinta hankkeissa

Hankkeiden aikaisen tiedonhallinnan tavoitteena on saada hankkeen osapuolet pelaamaan yhteen tehokkaasti, jotta hankkeelle saadaan onnistunut kokonaissuunnitelma ja sen pohjalta ongelmaton toteutus. Suurin viimeaikainen muutos hankkeiden tiedonhallinnassa on ollut mallintavan suunnittelun yleistyminen ([Hietanen, 2005](#)).

Mallintavalta suunnittelulta on odotettu huomattavia parannuksia hankkeiden tiedonhallintaan, mutta paljon esiintyy myös kuvauksia siitä kuinka mallintava suunnittelu on aiheuttanut uusia haasteita. Lupaustenkin väitetään usein olevan suurilta osin lunastamatta. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan hankekohtaisen tiedonhallinnan muutosta lähtien rakennussuunnittelun näkökulmasta, mutta usein tilanne on vastaava tai vähintään muuttumassa vastaavaan suuntaan myös alueidenkäytön ja yhdyskuntateknisessä suunnittelussa. Osoituksena kehityksen suunnasta ovat esimerkiksi YTV:n innoittamina hiljan laaditut Yleiset inframallivaatimukset ja yleistyvä keskustelu alue- ja kaupunkimallien ympärillä ([Ahokas, 2014; Salomaa, 2014](#)).

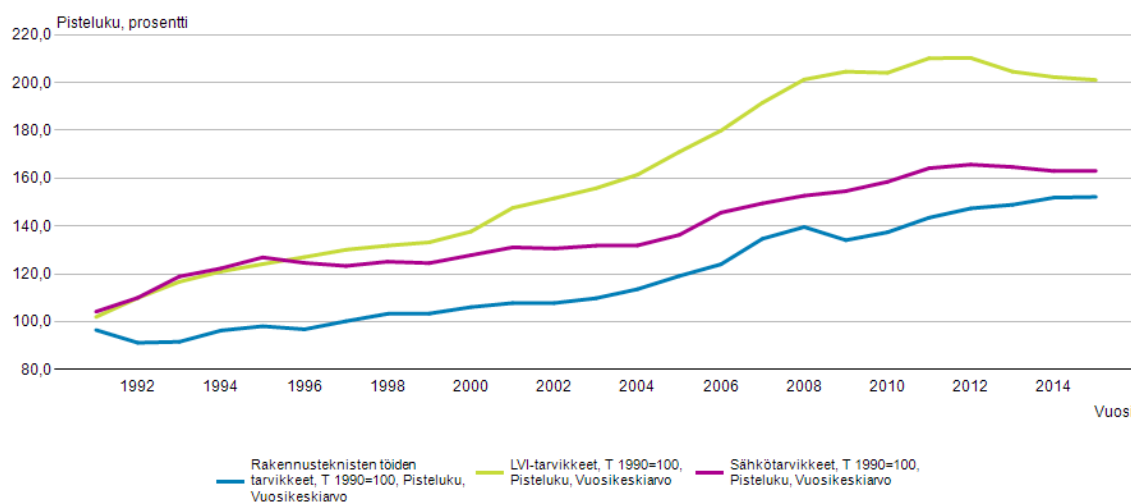
#### 2.3.1.1 Mitä hyötyä mallintavasta suunnittelusta on?

Eräs toistuvasti esitetty kysymys koskee mallintamisen hyötyjen mittaamista. Kerta toisensa jälkeen myös todetaan hyötyjen mittaamisen olevan vaikeaa, ellei mahdotonta. Esimerkiksi tietomallintamisen hyötyjen mittaamisen problematiikkaa käsittelevässä artikkelissaan Krister Barlish ja Kenneth Sullivan ([2012](#)) toteavat tietomallintamisen hyötyjen mittaamisen vastaavan tietojärjestelmien hyötyjen mittaamista yleisesti, ja listaavat kuusi keskeistä haastetta hyötyjen arvioinnille:

1. Osa hyödyistä on aineettomia
2. Käyttöönotto aiheuttaa muutoksia toimintaan
3. Järjestelmän ominaisuudet kehittyvät jatkuvasti
4. Eri toimijoiden arviot hyödyllisyydestä vaihtelevat
5. Käyttäjät kokevat uuden järjestelmän uhkana
6. Käyttöönotossa törmätään vaikeuksiin

Listaus on mielenkiintoinen, ja sen sisältämien väitteiden keskinäistä suhdetta ja jokaisen yksittäisen väitteen todenmukaisuutta ja vaikutusta voisi suunnittelumetodologian näkökulmasta tutkia laajastikin. Koska tämä tutkimus kuitenkin käsittelee tiedonhallinnan kysymyksiä, seuraavassa pyritään lyhyesti toteamaan lähinnä kohtien 2 ja 3 paikkansa-pitävyys.

On perusteltua väittää, että rakennukset ovat monimutkaistuneet teknisinä kokonaisuuksina. Viimeaikoina varsinkin rakennuksiin sijoitettavien teknisten järjestelmien laajuus ja lukumäärä ovat kasvaneet nopeasti. Tämä käy ilmi esimerkiksi rakennuskustannusindeksin indeksiehto-osaindeksejä tarkastelemalla. Samaan aikaan myös rakennejärjestelmät ovat jatkaneet monimutkaistumistaan, mutta ilmeisesti teknisiä järjestelmiä hitaammin. (Tilastokeskus 15.3.2016; Koskela, 2000)



Tehokkaammat suunnitteluohjelmat ovat epäilemättä osasy syy kehitykseen, koska ne mahdollistavat monimutkaisempien kokonaisuuksien suunnittelun. Haastavissa kohteissa kuten tuotantolaitoksissa, toimintasidonnaisissa julkisissa rakennuksissa ja korjausrakentamisessa, mallintava suunnittelu nähdäänkin jo välttämättömyytenä (Järvinen, 10.4.2011; Hannula, 2013; Kämppi, 2013; Helander, 2014), mutta myös tavanomaisemmissa kohteissa se vaikuttaa olevan tavallista (Rakennustietosäätiö ym., 2013).

Kysymykseen mallintamisen hyödyistä voikin vastata kysymyksellä: tarvitseeko mallintamisen hyödyllisyyttä enää todistella, jos merkittävää osaa nykyrakennuksista ei pystytä suunnittelemaan mallintamatta.

Esimerkiksi uuden suunnittelumetodologian hyötyjen mittaamisen haastavuudesta käy usein ehdotettu mittari, kustannussäästöt. Ensinnäkin rakentamiskustannukset ovat varsin herkkiä taloussuhdanteiden vaihteluille, joka tekee niiden vertailusta haastavaa. Lisäksi suunnittelun aiheuttamat kustannukset paljastuvat todellisuudessa vasta toteutuksen elinkaarella, mutta samalla aikajänteellä muuttuvat suunnittelumetodologian lisäksi myös rakennustavat ja laatuvaatimukset. Voitaaisiinko nykyrakennuksia siis edes verrata edeltävien sukupolvien rakennuksiin ainoastaan suunnittelumetodologian perspektiivistä; entä miten tulokset olisivat hyödynnettävissä niiden valmistuessa pitkän ajan kuluttua kun rakentamisen ja suunnittelun tavat ovat jälleen muuttuneet?



### 2.3.1.2 Miten mallintava suunnittelu eroaa perinteisestä?

Väitetään että, mallintava suunnittelu on parantanut suunnittelutiedon päivitettävyyttä huomattavasti ja että ajanmukaiset suunnitteluohjelmistot mahdollistavat suunnitelmien muuttamisen merkittävästi aikaisempia työtapoja nopeammin (esim. [Hietanen, 2005](#); [Eastman ym., 2008](#)). Väitteet ovat todennäköisesti yleisesti hyväksytyjä, mutta selkeiden esimerkkien löytäminen kirjallisuudesta on haastavaa, vaikka mallintamisen vaikutuksesta suunnitteluun on kirjoitettu laajasti.

Tyypillinen esimerkki aihetta sivuavasta tutkimuksesta on Rafael Sacksin ym. (2010) tutkimus mallintamisen vaikutuksista julkisivuelementtien suunnitteluun. Tutkimus vertaili yhden rakennuksen julkisivun elementoinnin suunnittelua piirtäen ja mallintamalla ja toteaa mallintavan suunnittelun ajankäyttöisten hyötyjen olleen 57%. Tämän kaltaisista tuloksista ei voi vetää kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä, mutta oletettavasti tulos on kytköksissä parempaan suunnittelutiedon päivitettävyyteen mallintavassa suunnittelussa. Yleisesti suunnittelutiedon päivitettävyyden kehitystä voi pohtia seuraavien väitteiden kautta:

*Piirtäen suunniteltaessa* suunnittelija simuloi haluamansa suunnitelman muutokset, joko mielessään tai luonnoksina, ennen varsinaisten suunnitelma-asiakirjojen päivittämistä. Päivitysmenettelyn työläys vähentää halukkuutta ja ajallisia mahdollisuuksia tehdä kokeiluja. Tämä vaikutus myös lisääntyy merkittävästi suunnittelun edetessä ja suunnitelmien yksityiskohtaistuessa.

*Mallintavassa suunnittelussa* suunnittelijan työstämä malli sisältää hänen suunnitelmansa kokonaisuudessaan. Kaikki suunnitelmaa havainnollistavat asiakirjat ovat lähes automaattisia tulosteita mallista tietyllä ajanhetkellä. Tämä mallintavan suunnittelun ominaisuus yhdistää luonnostelun ja suunnitelma-asiakirjojen päivittämisen. Muutoksia ei ole välttämätöntä simuloida, koska onnistunut kokeilu mallilla päivittää samalla koko suunnitelman. Suunnitelman muutosten työläys toki kasvaa suunnitelmien yksityiskohtaistuessa, mutta ei läheskään yhtä paljon kuin piirtäen suunniteltaessa.

Kenties parhaiten suunnittelutiedon päivitettävyyden paranemista perustelevat käytännön havainnot lisääntyneestä yhteistyön tarpeesta ([RT 10-10992](#)) ja niiden kautta virinnyt kiinnostus suunnitteluyhteistyön tutkimukseen ([Kerosuo ym., 2012 ja 2013](#)). Havainnot ja tutkimus tukevat ajatusta, että merkittävät suunnitelmanmuutokset myöhäisissä suunnitteluvaiheissa ovat yleistyneet. Äkkinäiset myöhäiset muutokset suunnitelmissa asettavat perinteisen suunnittelualojen välisen yhteistyön koetukselle.

Suunnittelijoiden on pelattava yhteen entistä saumattomammin, koska suunnitelmien päivitettävyyden parantuminen tarkoittaa, että yksittäisen suunnittelijan vastuu tekemisistään muutoksista korostuu. Kehnosti ajoitettu tai heikosti kommunikoitu muutos aiheuttaa entistä helpommin turhaa työtä muille suunnittelijoille. Tämä toteamus on hieman ristiriidassa melko usein esitetyn väitteen kanssa, että mallintava suunnittelu vähentää virhetilanteita suunnittelussa (esim. [Eastman, 2008](#)). On luultavampaa, että virhetilanteiden mahdollisuudet ovat pikemminkin kasvaneet, mutta tehokkaammilla suunnitteluväli-

neillä virheistä pystytään ratkaisemaan aiempaa suurempi osuus ([Kerosuo, ym., 2013](#)). Tätä väitettä tukee esimerkiksi se että mallintava suunnittelu on merkittävästi vähentänyt kunkin suunnittelualan toteutussuunnitelmien sisäisiä ristiriitoja ([Vakkilainen, 2009](#)).

### 2.3.1.3 Miten mallintava suunnittelu vaikuttaa hankkeiden tiedonhallintaan?

Eri suunnittelijoiden tuottamien tietojen yhteensovittaminen on nousut keskeiseksi mallintavan suunnittelun haasteeksi, suunnitteluvälineiden kehittyessä. Suunnitelmien yhteensovittamisen tehostamiseksi on syntynyt joukko teknisiä ratkaisuja. Hankkeenohjaukseen on muodostunut uusia rooleja ja perinteistenkin roolien tietotaitotarpeet ovat muuttuneet.

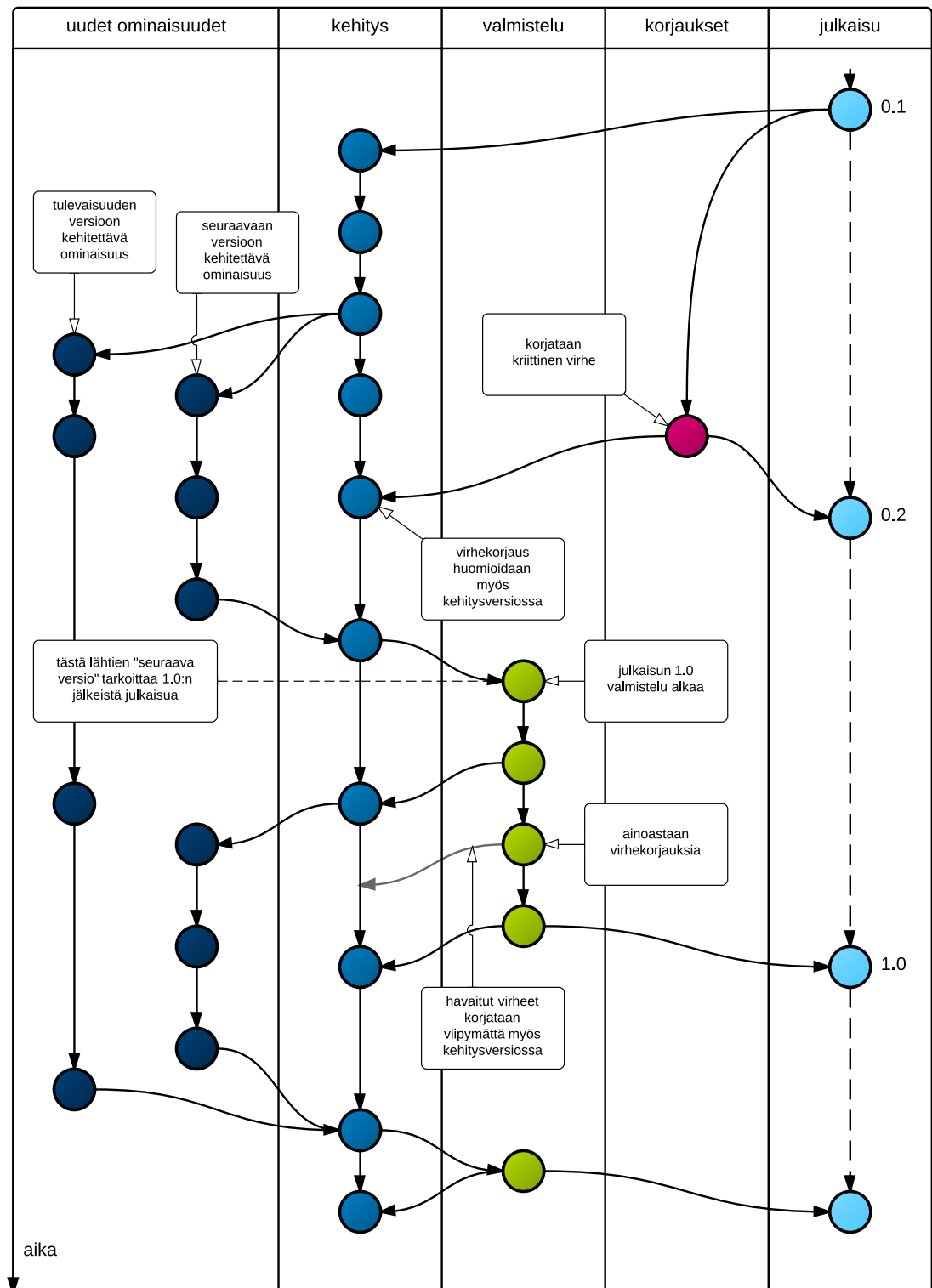
Hankkeenohjauksen ajattelukin on kehittynyt rinnakkain uusien suunnittelumenetelmien kanssa. Nopean kehityksen vuoksi, ajanmukaiset hankkeenohjauksen standardit eivät tyhjentävästi kuvaa kaikkia mallintavan suunnittelun askeleita, vaikkakin suunnittelumenetelmien muutos on niistä selkeästi nähtävissä ([RT 10-11107 \[HJR12\], 2013](#)).

Suunnittelukokousten rinnalle, osaksi hankkeiden arkipäivää ovat tulleet mallien yhteensovituspalaverit, jotka ovat suunnittelukokouksia työpajamaisempia kokoontumisia, joissa mallien yhdistämisessä havaittujen ongelmien ratkaisemisesta keskustellaan ja yleensä pyritään myös päättämään ratkaisijasta. Näitä palavereja ei aina johda pääsuunnittelija tai rakennuttajakonsultti, vaan pelikenttä on saatettu luovuttaa suunnittelutiimin niille jäsenille, jotka hankkeessa eniten mallintamisesta ymmärtävät. Tarve päästää mallintamisen tekniset osaajat leikkimään keskenään, johtuu siitä että mallinnusosaaminen on hankkeissa painottunut eritavalla kuin muu kokemus ja sen mukanaan tuomat vastuut. ([RT 10-11076](#))

Yhteensovituspalaverien hyödyllisyys vähenee huomattavasti, jos niissä ei pystytä tekemään päätöksiä myös haastavissa ongelmatilanteissa. Tällaisia tilanteita syntyy yleensä silloin kun päätösapua joudutaan hakemaan palaverin ulkopuolelta. Yhteensovituspalaverien aikana merkittävistä suunnittelupäätöksistä vastuulliset henkilöt, kuten pääsuunnittelija ja rakennuttajakonsultti tai muu tilaajan edustaja, tulisivat olla saavutettavissa, jotta mallinnustiimin päätösvallan ulkopuolelle meneviin ongelmiin saadaan välittömästi apua. Varmasti tyypillisin ratkaisu on että päätösvastuulliset ovat mahdollisuuksien mukaan fyysisesti läsnä palavereissa. Menettely on jonkin verran tuhmaava jos päätösvastuullisilla ei ole palavereissa muuta roolia kuin ratkaista kiperimmät pulmatilanteet. Voidaan myös kysyä miten päättävissä rooleissa olevien osallistuminen muuttaa yhteensovituspalaverien dynamiikkaa. Voisiko toimiva kompromissiratkaisu olla päättäjien etäosallistuminen?

Mallintavan suunnittelun myötä hankkeenohjaukseen on syntynyt uusi tietomallikoordinaattorin rooli, ja keskustelu tietomallikoordinaattorin tehtävistä ja sijoittumisesta hanke-ryhmässä on edelleen aktiivista. Yksi keskustelun kysymyksistä on kenen edustajana tietomallikoordinaattorin pitäisi hankkeessa toimia. Tilaajat ovat alkaneet palkkaamaan koordinaattoreita, koska perinteisen tilaajan edustajan, rakennuttajakonsultin keinovälikoimasta usein puuttuvat mallintamisen koordinointitaidot. Toisaalta jos tilaajan palk-

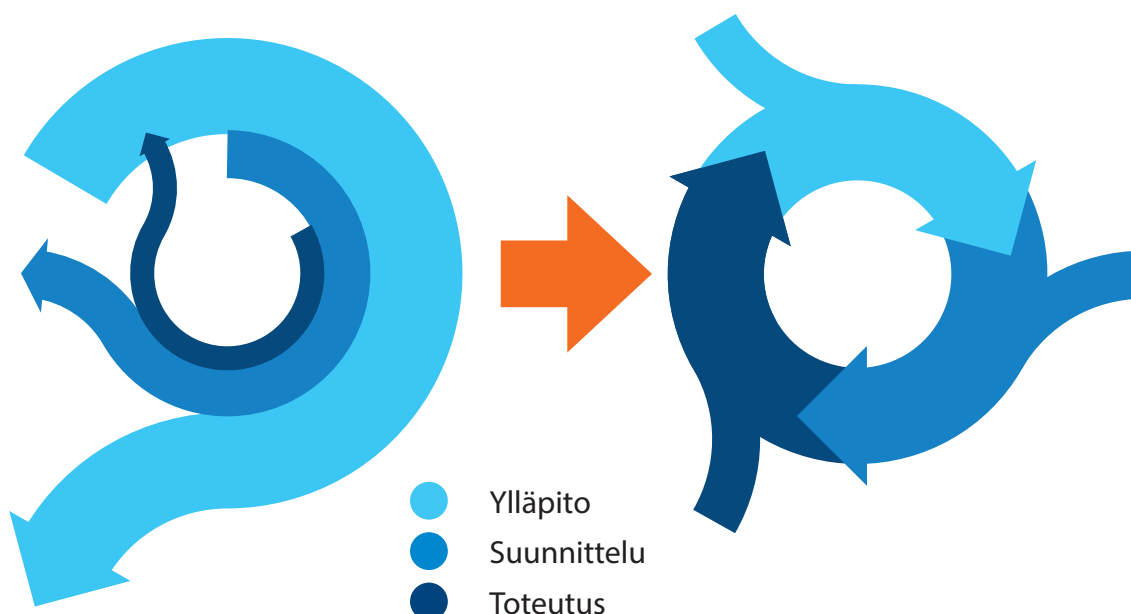
kaamaa koordinaattoria ei ole, pääsuunnittelijan vastuun katsotaan kattavan mallintamisen koordinoinnin. Osittain keskustelu kumpuaa myös siitä, että tavallisesti mallien yhteensovittamista hankkeessa tekevää henkilöä nimitetään tietomallikoordinaattoriksi, mutta roolin kannalta ei ole yhdentekevää kenen palveluksessa hän työskentelee. Se että tilaajat tuovat hankkeisiin erillisiä tietomallikoordinaattoreita, käytännössä tekemään suunnitelmien yhteensovittamista, joka perinteisesti on pääsuunnittelijan tehtävä, ja yhä pääsuunnittelijan vastuulla, muuttaa suunnitteluryhmän dynamiikkaa. Voikin kysyä, katoaako erillinen tietomallikoordinointi tehtävänä rakennuttaja konsulttien taitojen karttuessa? Entä ovatko pääsuunnittelijat tulevaisuudessa halukkaita ottamaan yhteensovittamisvastuun takaisin? (RT 10-11107)



Se että hankkeiden tiedonhallinnan koordinointi kiinnostaa juuri nyt, epäilemättä kytkeytyy mallintamisen mukanaan tuomaan suunnittelun muutosnopeuden kasvuun. Nopeutunut suunnitelmien muutostahti vaatii tarkempaa koordinointia, turhan työn ja sekaan-nusten välttämiseksi. Osa lisääntyneestä koordinoinnin tarpeesta saattaa myös johtua siitä, etteivät suunnittelijat vielä ole täysin oppineet toimimaan muuttuneessa hankeym-päristössä. Luultavasti käynnissä on kantapään kautta oppimisen kausi, jonka keskeisiä opetuksia tulevat olemaan, että tekniset mahdollisuudet suunnitelmien nopeaan muut-tamiseen vaiheessa kuin vaiheessa, vaatii suunnittelijalta entistä tarkempaa harkintaa, ja että on myös aiempaa tärkeämpää viipymättä tiedottaa muita suunnittelijoita tekemis-tään muutoksista.

Voi myös olla, että suunnitelmien muutosnopeuden kasvu on muuttanut suunnittelun prosessia pysyvästi tavalla, joka vaatisi toimintamallien ja ajattelutapojen perusteelli-sempaa muutosta. Eräs tutkimisen arvoinen vertauskohta voisi olla hajautetun ohjelmis-totuotannon toimintamalleissa. Ajatus lähtee siitä, että hajautettu ohjelmistotuotanto on prosessina samankaltainen kuin monialainen suunnittelu rakentamisen ja alueidenkäy-tön hankkeissa. Molemmissa erillään työskentelevät ”suunnittelijat” pyrkivät kehittämään yhteistä kokonaisratkaisua. Erona on, että ohjelmiston eri tahoilla kehitettävien osien on pelattava yhteen lähes täydellisesti tai kehitteillä oleva sovellus ei toimi lainkaan. Tämän vuoksi ohjelmistotuotannon keinot ristiriitatilanteiden ehkäisemiseksi ja selvittämiseksi ovat huomattavasti muita suunnittelualoja edellä.

Meneillään olevalle oppimiskaudelle on siis tyypillistä yhdessä tekemisen korostaminen. Omaan tai toisten osaamiseen ei ehkä vielä täysin luoteta, mutta ajatellaan että ryhmä-työllä ongelmat ovat silti useimmiten vältettävissä. Monialaisuus ja yhteistyön korosta-minen ovat tyypillisiä aiheita niin alueidenkäytön suunnittelussa kuin rakennussuunnitte-lussakin. Kiinnostuksen osoituksena ovat suunnittelua koskevassa keskustelussa usein esille nousevat muodikkaat yhteistoimintamallit, kuten big room ja solmutyöskentely ([Kerosuo ym., 2013](#); [Järvinen, 16.5.2015](#); [Pellinen, 2016](#)).



### 2.3.2 Tilannekuvan ylläpito

Termiä tilannekuva käytetään monilla aloilla tarkoittaessa useista tietolähteistä kerättyä, yhdistettyä kokonaiskuvaavaa vallitsevasta tilanteesta. Perinteisesti tilannekuvan muodostaminen on liittynyt tarpeeseen reagoida johonkin tapahtumaan, ja tilannekuvan muodostaminen on aloitettu keräämällä saataville kaikki tilanteeseen liittyvät tietolähteet. (Koistinen M. 2011; Lääperi L. 2014)

Digitalisaatio on parantanut tiedon saavutettavuutta merkittävästi ja mahdollistanut useilla tahoilla suoran pääsyn muiden tahojen ylläpitämiin tietovarantoihin ja sitä kautta jatkuvan tilannekuvan ylläpidon. Käsitteen tilannekuva käyttö onkin viimeaikoina laajentunut sen perinteisten käyttöalueiden, kuten riskien ja kriisien hallinnan ulkopuolelle. Monilla sähköistä tiedonhallintaa hyödyntävillä aloilla keskustellaan nykyään sujuvasti tilannekuvasta tarkoittaessa lähinnä digitaalisten tietovarantojen avulla muodostettua ajantasaista käsitystä toimintaympäristöstä. Tilannekuva käsitteen muodikkaudesta kuvaa ehkä parhaiten sen nouseminen hallitusohjelman otsikkotasolle ([Valtioneuvoston kanslia \[VNK\], 2015](#)).

Digitalisaation vaikutuksista jatkuvaan tilannekuvan ylläpitoon tiedetään luultavasti vähemmän kuin sen vaikutuksista hankkeiden tiedonhallintaan, koska hankkeista karttuu uusia kokemuksia pitkäjänteisempää ylläpitoa nopeammassa tahdissa.

Ylläpito on lähes keskeytymätöntä toimintaa, jonka aikajänteet ovat pidempiä kuin hankkeissa ja siksi kynnys toiminallisille kokeiluillekin voi olla korkeampi kuin hankkeissa. Luvussa 2.2 esitellyn kehitystyön perusteella tilannekuvan ylläpidossa myös pyritään hankkeita yleisemmin valmiisiin ratkaisuihin pitkäjänteisen kehittämisen kautta.

Tilannekuvan ylläpitoon kuuluu kaikki jatkuva tiedonhallinta, joka ei ole tiedon pitkäaikaissäilytystä. Alueidenkäytön tiedonhallinnassa tilannekuvan ylläpito tapahtuu pääosin yksittäisten hankkeiden välillä, mutta ulottuu osin myös hankkeiden sisälle. Hankkeista tilannekuvan ylläpitoon tapahtuva tiedonvälitys vaatii yleensä tiedon puhdistamista ylläpidon edellyttämiin muotoihin, eikä läheskään kaikkea hankkeissa syntynyttä tietoa edes pystytä aktiivisesti hyödyntämään. Tällöin tiedot tosin useimmiten taltioidaan pitkäaikaissäilytyksen keinoin.

Käytännössä rajan vetäminen tilannekuvan ylläpidon ja tiedon pitkäaikaissäilyttämisen välille on haastavampaa kuin niiden erottaminen hankkeiden aikaisesta tiedonhallinnasta. Tärkein kahta ensin mainittua erotteleva kriteeri on, että pitkäaikaissäilytettävä tieto ei ole elävää tietoa vaan pysyvästi taltioitu siivu historiaa. Kuitenkin myös tilannekuvan ylläpitoon liittyvät tietosisällöt voivat olla staattisia pitkiä aikoja kerrallaan. Yhdessä ääripäässä tilannekuvan ylläpitoon kuuluvia tietoja ovat suunnitelmallisesti ylläpidetyt jatkuvasti päivitettävät tietosisällöt ja toisessa hankkeiden jäljiltä arkistomaisiin projektipankkeihin varastoituneet tiedot, joita ei silti voi luonnehtia pitkäaikaissäilytettäväksi niiden muodollisen ja sisällöllisen jäsentymättömyyden takia.

### 2.3.2.1 Tilannekuvan ylläpito alueidenkäytön tiedonhallinnassa

Suomalaisessa alueidenkäytön hallinnan kokonaisuudessa tilannekuvan ylläpito on vielä osittain jäsentymätön kokonaisuus. Tilannekuvaan kuuluvan tiedon tuottamiseen osallistuu suuri määrä organisaatioita, joista jokaisella on myös oma sisäinen tilannekuva ylläpidettävänä. Aiheeseen liittyvien säädösten ([132/1999](#); [421/2009](#) ja [725/2009](#)) ja Ympäristön tilan seurannan strategia 2020:n ([YM, 2011](#)) perusteella on havaittavissa pyrkimys tilannekuvan ylläpidon toteuttamiseen ympäristön seurannan kautta. Alueidenkäytön hallintajärjestelmän kerroksellisuuden vuoksi kaikki tilannekuvan ylläpidon palaset eivät kuitenkaan aina hahmotu osaksi ympäristön seurantaa. Esimerkiksi kaavoitus- ja rakennusvalvontatoimet tuottavat merkittävän osan rakennetun ympäristön keskeisistä seurantatiedoista, mutta ovat hallinnollisten rooliensa vuoksi usein tarpeettoman eristyneitä muusta ympäristön seurannasta.

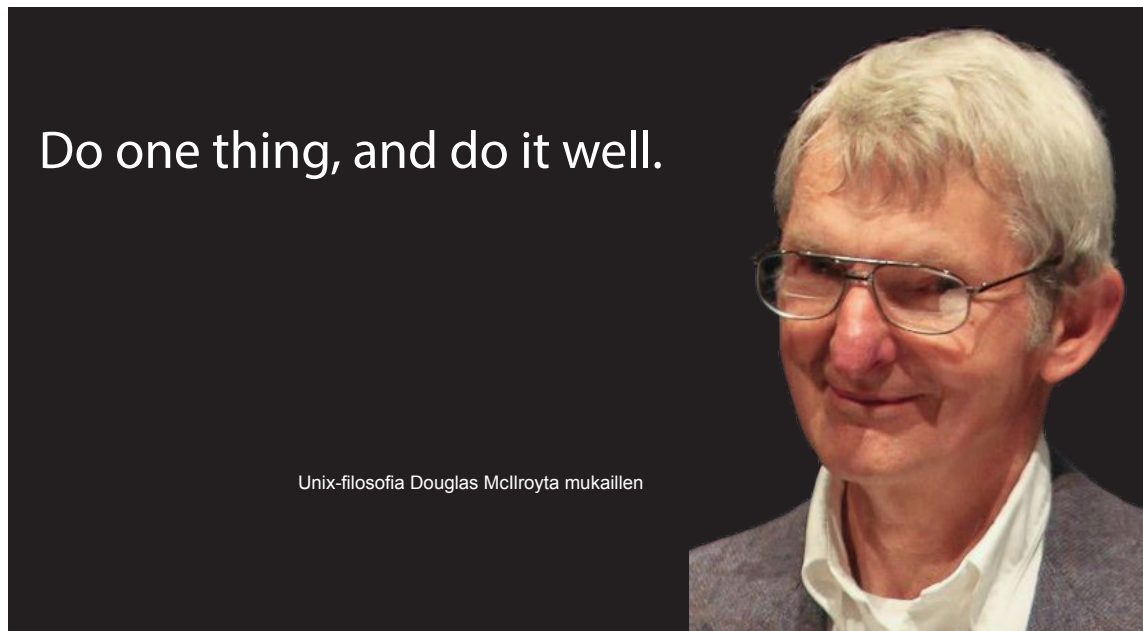
Alueidenkäytön hallintajärjestelmän kerroksellisuuden ja tiedontuotannon pirstaloituneisuuden yhdistelmästä on sekä haittaa että hyötyä ympäristön seurannan järjestämiselle. Eri hierarkiatasojen vaatimien tietojen tuottaminen aiheuttaa päällekkäistä työtä ja rinnakkaisia työnkulkuja, jotka varmasti johtavat osin ristiriitaisiin tai ainakin ajallisesti eriytyneisiin tietosisältöihin. Päällekkäistä työtä lisää väistämättä myös järjestelmän pirstaloituneisuus, joka lisäksi vaikeuttaa myös kokonaiskuvan hahmottamista. Luultavasti harva asiantuntijakaan tuntee kaikkia työnsä kannalta oleellisia eri viranomaisten ylläpitämiä tietolähteitä ([YM, 2011 s. 15](#)). Samalla organisaatioiden rajallinen koko kuitenkin auttaa niitä kehittämään syvää asiantuntijuutta, pysymään keskittyneinä ydintehtävänsä ja tarvittaessa ketterästi muuttamaan tehtävänsä suorittamiseen tarvittavaa tietoinfrastruktuuria. Verkottunut toimintaympäristö myös ajaa kokonaisuutta suosimaan avoimia tietostandardeja ja rajapintoja, joka pitkällä aikavälillä tukee sen kehittymistä modulaariseksi ja vikasietoiseksi ([Brock, 2000 s. 1–27](#); [Miller & Page, 2007 s. 1–8, 46–53 ja 243–244](#)). Ei siis ihme että kasvava kiinnostus alueidenkäytön tietovarantojen yhteentoimivuutta kohtaan on havaittavissa myös luvussa 2.2 esitellystä viimeaikaisesta kehitystyöstä.

### 2.3.2.2 Alueidenkäytön tilannekuvan tietojen päivittäminen

Alueidenkäytön tilannekuvan tiedot tulevat lukuisten organisaatioiden päivittäisissä tehtävissä syntyvästä tietomassasta. Yhteiskäyttöisten tietojen välittämiseen vaaditaan tietostandardeja, koska kullekin organisaatiolle on luontevaa järjestää sisäinen tietoinfrastruktuurinsa omaa toimintaansa parhaiten palvelevalla tavalla. Tämä tarkoittaa, etteivät organisaatioiden sisäisesti käyttämät tietomuodot useinkaan ole avoimia standardeja, vaan käytössä olevien tietojärjestelmien toimintaan parhaiten sopivia ohjelmistovalmistajien omisteisia, lisenssisuojattuja tietomuotoja. Tästä syystä myös tietovarantojen päivittäminen onnistuu parhaiten ja usein ainoastaan, niillä ohjelmilla, joilla tietovarannot on tuotettu.

Verkottuneen toimintaympäristön vaatima tietovarantojen yhteentoimivuus taas edellyttää tietojen olevan tarjolla standardimuodoissa. Tämä ohjaa tietoja tuottavia organisaatioita valitsemaan ohjelmistoja, jotka mahdollistavat tietojen julkaisun standardimuotoisina tiedostoina tai avoimien rajapintojen kautta. Lopulta kehityksestä hyötyvät myös ohjel-

mistovalmistajat, koska mikään ohjelmistokokonaisuus ei yksinään kata koko alueidenkäytön seurannan tietovarantojen hallintaa, mutta yhteentoimivuuden edistäminen lisää ohjelmien käytettävyyttä ja kasvattaa kysyntää.



Unix filosofia pätee soveltaen myös laajemmissa ohjelmistokokonaisuuksissa: liika on aina liikaa.

### 2.3.3 Tiedon pitkäaikaissäilytys

Käsitteisiin pitkäaikais- ja pysyväissäilytys viitataan useimmiten sanalla arkistointi. Tarkkaan ottaen pysyväissäilytyksellä tarkoitetaan lakisääteistä arkistointia ja pitkäaikaissäilytyksellä kaikkea muuta arkistointia. Käsitteenä pitkäaikaissäilytys on puhekielen arkistointia laajempi ja käsittää useita tasoja, joita on sähköisten aineistojen osalta käsitelty luvussa 2.2.6 Pitkäaikaissäilytyksen suunnittelu- ja toteuttamishanke (PAS).

PAS-hankkeessa tietosisältöjen säilyttämisen menetelmät on jaettu *bittien säilyttämiseen, sisällön ymmärrettävyyden säilyttämiseen ja alkuperäisen käyttökokemuksen säilyttämiseen*. Jaottelu on valaiseva koska se paljastaa, että pitkäaikaissäilytykseen liittyy myös kokemuksellisia näkökulmia ja että pelkkä varastointi ei takaa tiedon kestävästä säilymisestä. Alueidenkäytön tiedonhallinnan näkökulmasta kiinnostavimmat menetelmät tähtäävät sisällön ymmärrettävyyden säilyttämiseen. Tietosisältöjen säilyttäminen ymmärrettävinä mahdollistaa niihin liittyvien ilmiöiden, sekä niiden muodostaman kokonaisuuden kehittymisen, pitkäjänteiset tarkastelut.

Alueidenkäytön viranomaistietojen pysyväissäilytyksestä ja säilytykseen kelpaavista muodoista määrää arkistolain nojalla arkistolaitos. Pitkäaikaissäilytyksen vaatimukset vaikuttavat jonkin verran tiedonkulkuun alueidenkäytön hallinnassa, koska säilytettäväksi määrättyjen sisältöjen osalta tieto on pääosin säilytettävä arkistokelpoisessa muodossa, vaikka tiedon tuotannossa käytettäisiinkin toisia muotoja. Usein kuitenkin uudet tietomuodot ovat sisällöltään voimassaolevia arkistokelpoisia muotoja rikkaampia, joka aiheuttaa hitausmomenteja arkistolain mukaan säilytettävien tietojen modernisoitumiseen.



### 2.3.3.1 Miten pitkäaikaissäilytys vaikuttaa aluetiedon hallintaan?

Arkistointi saattaa tuntua kaukaiselta tiedonhallinnan arkipäivässä, jo siksi että lähtökohteisesti arkistolaitos ottaa vastaan yli 40 vuotta vanhoja asiakirjoja ([Arkistolaitos, 2013b](#)). Koska lain mukaan monet viranomaistiedot kuuluvat pysyväissäilyksen piiriin, ei ole yhdentekevää millaisina nämä tiedot voidaan arkistoon luovuttaa. Käytännössä monia tietoja joudutaan säilyttämään arkikäytölle rinnakkaisissa arkistokelpoisissa muodoissa arkistoinnin vaatimusten täyttämiseksi.

Monet alueidenkäytön viranomaistiedot ovat siirtyneet tai siirtymässä perinteisistä muodoista – paperilta tai sähköisistä julkaisumuodoista – rakenteiseksi tiedoksi, jota säilytetään joko tietokannoissa tai yhteentoimivissa tiedostomuodoissa. Ainakin tietokantokantojen tapauksessa muutos tiedon olemuksessa on ollut niin perusteellinen, ettei arkistoinnin kysymyksiä ole vielä kyetty ratkaisemaan tyydyttävästi. Esimerkiksi vuonna 2015 arkistolaitos luopui kehittämästään rekistereiden ja tietokantojen pysyväissäilytykseen soveltuvasta VAPA-järjestelmästä keskeneräisen KDK-PAS-järjestelmän hyväksi ([Arkistolaitos, 2015 ja 26.8.2015](#)).

Tietokantojen ohella myös useimmat toimialakohtaiset yhteentoimivat tiedostomuodot, kuten tuonnempana esiteltävät IFC, KuntaGML ja CityGML ovat edelleen arkistoinnille haasteellisia. Niin kuin kappaleessa 2.2.5 todetaan, arkistokelpoiset tiedostomuodot on toistaiseksi määritelty SÄHKE2-normistossa, vaikka staattisen normiston ylläpitäminen on ajoja sitten todettu työlääksi. Jo vuonna 2013 SÄHKE2:n tilalle alettiin kaavailla järjestelyä, jossa arkistointikelpoiset tiedostomuodot määriteltäisiin tulevan SÄHKE3-normin ulkopuolella jotta niiden lisääminen olisi helpompaa. SÄHKE3-normin valmistelu kuitenkin vaikuttaa toistaiseksi pysähtyneen ja arkistokelpoisten tiedostomuotojen normin ulkopuolinen säilytyspaikkakin on vaihtanut sekä omistajaa, että osoitetta. Silti JHS 181, Julkisen hallinnon standardisalkku -suosituksessa on edelleen viitattu väistyneeseen yhteentoimivuus.fi-osoitteeseen sen korvanneen avoindata.fi-osoitteen sijasta ([JUHTA, 5.10.2012, noudettu 5.4.2016](#)).

Ajatus avoimien standardien arkistokelpoiseksi hyväksymisen helpottamisesta on nykytilanteessa perusteltu. Arkistoinnin näkökulmasta vain lyhyen aikaa vakiintuneessa käytössä ollut muoto voinee vaikuttaa liian tilapäiseltä, jotta sen arkistoitavuuden varmistamiseen kannattaisi panostaa. Tulevaisuuden ennustaminen on tunnetusti vaikeaa, eikä kukaan osaa sanoa kuinka pitkiksi nykyisten tiedonhallinnan standardien elinkaaret muodostuvat. Silti lyhyt edeltävä elinkaari ei saisi olla peruste karttaa arkistoinnin vaatimukset täyttävää standardia, sillä onhan olemassa mahdollisuus, että ainakin toistaiseksi tiedonhallinnan standardien elinkaaret alati lyhenevät. Lyhytikäisten standardienkin aikana tuotettu tieto olisi kaikesta huolimatta saatava tallennettua sellaisenaan, muutoin syntyy riski että arkistoon muodostuu tarpeettomia katkoksia tai vähintään aiheutuu turhaa työtä ja tietoa hukkuu kun sitä siirretään köyhempiin ennestään arkistokelpoisiin muotoihin.



### 2.3.4 Yhteenvedo tiedonhallinnan tilanteesta

Julkisessa keskustelussa usein esitetty väite on, että informaatiotekninen osaaminen on siirtynyt pysyvästi nuorten aikuisten hallintaan. Tyypillisesti väitteen perusteeksi esitetään informaatioteknologian jatkuvasti nopeutuva kehitys, jonka seurauksena uudemman teknologian keskellä varttuneet nuoret ”diginatiivit” osaisivat vanhempia luontevammin hyödyntää uutta teknologiaa. Todellisuudessa väitteelle on hankala löytää pitäviä perusteluja, ja lisäksi on olemassa näyttöä siitä että hajonta osaamisessa on suurta myös nuorten keskuudessa. ([Eurostat, 2009 s. 147-151](#); [Kupiainen, 16.4.2012](#); [Kivekäs 20.1.2015](#))

Silti väite monine variaatioineen, ainakin osittain kumpuaa todellisista havainnoista. Vaikkei ilmiö kokonaisuutena olisikaan todellinen, esiintyy monilla aloilla sopivissa tiedonhallinnan kehityksen vaiheissa tilanteita, joissa ”nuoret osaajat” näyttävät vallanneen teknistä osaamista vaativat tehtävät. Tällainen tilanne vallitsee hankkeenjohtamisen näkökulmasta esimerkiksi alueidenkäytön ja rakentamisen suunnittelussa. Tilaajien ja suunnittelijoiden kokeneimmilla edustajilla, rakennuttajakonsulteilla ja pääsuunnittelijoilla, ei välttämättä ole lainkaan omakohtaista kokemusta nykyaikaisista suunnittelun työtavoista.

On selvää että, suunnittelussa ja rakentamisessa on tapahtunut rakennemuutos, joka on kytköksissä yhä tehokkaampien suunnittelujärjestelmien käyttöön. Uudet rakennukset ovat edeltäjiään monimutkaisempia kokonaisuuksia ja siitä syystä myös suunnittelusta ja rakentamisesta on tullut aiempaa monimutkaisempaa. Keskeistä muutoksessa on että suunnittelusta on tullut täysin ryhmätyötä. Nykyrakennuksilla on enää harvoin entisaikojen arkkitehtia vastaavaa suunnittelijaa, joka tuntee koko suunnitelman läpikotaisin. ([Koskela L., 2000](#))

Suunnittelun tiedonhallinnan näkökulmasta onkin väitettävissä, että:

- Suunniteltavien kokonaisuuksien monimutkaistuminen on korostanut ryhmätyön roolia suunnittelussa.
- Mallintava suunnittelu on murentanut perinteisen suunnittelun työnkulut, mutta muutos on vielä kesken.
- Monimutkaistumisen ja suunnittelumenetelmien muutoksen yhteisvaikutuksesta toteutus on aiempaa virheherkempää.

Epäselvää on edellyttääkö aiempaa tiiviimmin verkottunut toimintaympäristö kuitenkin uusia sopimusrakenteita, kuten jotkut väittävät, vai korjautuuko tilanne jos hankkeiden paradigman muutos johtaa uusiin vakiintuneisiin käytäntöihin.

Kaupunkisuunnittelussa monimutkaisuuden hallinnan problematiikka on puhuttanut jo vähintään puoli vuosisataa ([Jacobs, 1961](#); [Alexander, 1965](#)). Nykyään onkin perusteltua kysyä missä määrin alueidenkäytön suunnitelmien tai suunniteltujen alueiden voidaan ajatella tulevan valmiiksi, koska monin paikoin suunnittelu ympäristö on jatkuvassa muutoksessa. Monimutkaisuuden hallinnan paradigmasta onkin siksi siirrytty kohti monimutkaisuuden ymmärtämistä ja kehityskulkujen aiempaa hienovaraisempaa ohjaamista ([Batty, 2007, s. 1–24 ja 515–520](#)).

Tunne monimutkaisuuden lisääntymisestä on epäilemättä yhteydessä myös tietoverkkojen mahdollistamaan tiedon saavutettavuuden dramaattiseen parantumiseen. Maailma ei vaikuta yhtä yksinkertaiselta kuin aiemmin, koska ”vain muutaman klikkauksen päässä” on aina saatavilla tietoa, joka mutkistaa kokonaiskuvan muodostamista ja laajojen kokonaisuuksien hahmottamisessa hyödyllisten yleistysten tekemistä.

Yleinen kokemus tiedon saavutettavuuden paranemisesta on epäilemättä vaikuttanut tilannekuvakäsitteen laajentuneeseen käyttöön, kasvaneeseen kiinnostukseen tilannekuvan ylläpitoa kohtaan. Nykyään lähes asiasta kuin asiasta on internetin välityksellä muodostettavissa tilannekuva, eikä ole syytä ettei aluetiedon hallinnassa pitäisi olla samoin. Ponnistelut yhteentoimivuuden parantamiseksi ovat ponnisteluja paremman tilannekuvan luomisen mahdollistamiseksi.

Tiedon pitkäaikaissäilytyksen periaatteet tukevat tilannekuvan ylläpidon mahdollistamista, mutta ongelmana on pitkäaikaissäilytyksen muotojen verkkainen kehitys, joka toisinaan häiritsee muun tiedonhallinnan toimia. Tiedon pitkäaikaissäilytyksen kehittämisen avaimet ovat kuitenkin tilannekuvan ylläpidossa, jossa on paras tietämys käytössä olevista tietomuodoista. Onneksi tekeillä on ratkaisuja pitkäaikaissäilytettävän tiedon muotojen määrittelyn helpottamiseksi, niin että tilannekuvan ylläpitoon osallistuvat pääsevät osallisiksi määrittelytyöstä.

## 2.4 Rakennuksen tietomalli

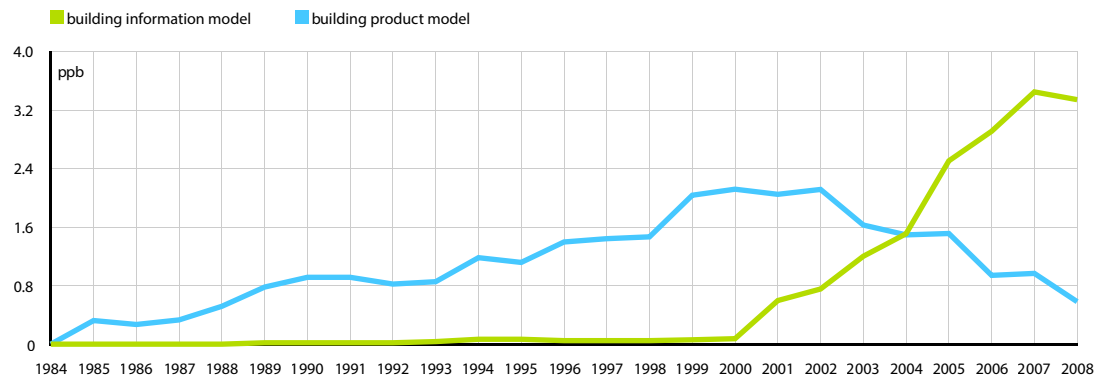
Rakennuksen tietomalli on tietyn rakennuksen semanttinen konekielinen kuvaus. Se voi sisältää tietoa rakennuksen geometriasta, tiloista, esivalmistetuista rakenneosista ja laitteista, kustannuksista, rakentamiseen tai ylläpitoon liittyvistä aikatauluista, jne. ([Eastman ym., 2008](#); [Malmi, Teittinen & Laitinen, 2012](#))

Sana tietomalli on lainattu ohjelmistotuotannosta, jossa sillä tarkoitetaan tiedon rakenteen kuvausta. Väljästi ymmärrettynä luvun alussa esitetty rakennuksen tietomallin määritelmä voi kuitenkin tarkoittaa monenlaisia rakennuksen virtuaalisia esityksiä, mikä onkin aiheuttanut valtavasti epämääräisyyttä rakennusten tietomallien ympärillä käytävässä keskustelussa. Esimerkkejä tästä ovat englanninkielisen Wikipedian artikkelit *Information model* ja *Building information modelling*, joista ensimmäinen tietomalleja yleisesti käsittelevä artikkeli toteaa yleiskatsauksessaan:

The term information model in general is used for models of individual things, such as facilities, buildings, process plants, etc. In those cases the concept is specialised to facility information model, building information model, plant information model, etc. Such an information model is an integration of a model of the facility with the data and documents about the facility.

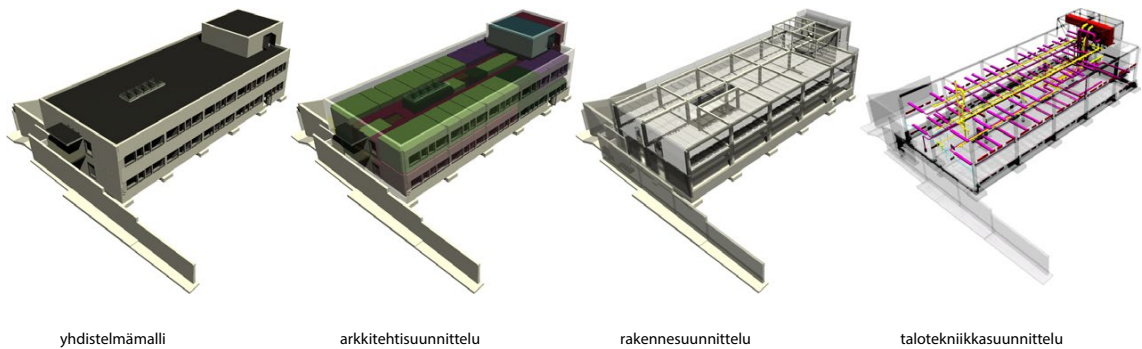
Within the field of software engineering and data modeling an information model is usually an abstract, formal representation of entity types that may include their properties, relationships and the operations that can be performed on them. The entity types in the model may be kinds of real-world objects, such as devices in a network, or occurrences, or they may themselves be abstract, such as for the entities used in a billing system. Typically, they are used to model a constrained domain that can be described by a closed set of entity types, properties, relationships and operations. ([Wikipedia, 21.6.2015](#))

## termien rakennuksen tuotemalli ja rakennuksen tietomalli esiintyminen englanninkielisessä kirjallisuudessa vuosina 1984-2008



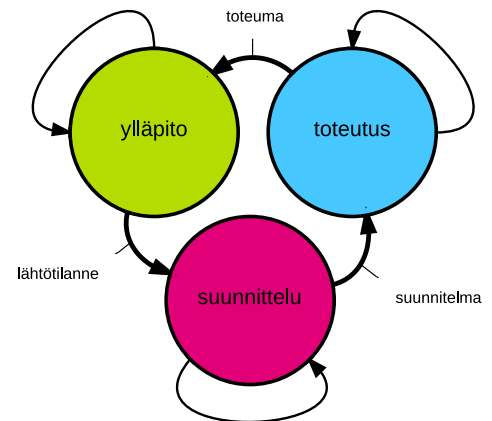
Lähde: Google books Ngram Viewer  
(Michel J.-B. ym., 2010)

## rakennuksen tietomalli ei ole yksittäinen tai yksiselitteinen asia



- A Tarveselvitys
- B Hankesuunnittelu
- C Suunnittelun valmistelu
- D Ehdotussuunnittelu
- E Yleissuunnittelu
- F Rakennuslupatehtävät
- G Toteutussuunnittelu
- H Rakentamisen valmistelu
- I Rakentaminen
- J Käyttöönotto
- K Takuuaika

Mallinnetaan selvitysten lähtötiedoiksi.  
Mallinnetaan suunnittelun lähtötiedoiksi.  
Suunnitellaan rakennus mallintamalla.  
Mallinnetaan rakennusluvan lähtötiedoiksi.  
Suunnitellaan toteutus mallintamalla.  
Mallinnetaan toteutunut rakennus.  
Valmistellaan mallin ylläpito.  
Ylläpidetään mallia.



Käsitettä tietomalli käytetään yleisesti yksittäisten asioiden, kuten toimitilojen, rakennusten, laitosten jne. malleista. Yksittäisestä mallista puhuttaessa käsite täsmennetään muotoon toimitilan tietomalli, rakennuksen tietomalli, laitoksen tietomalli jne. Tällainen tietomalli on kohteen mallin, sähköisten tietojen ja asiakirjojen yhdistelmä.

Ohjelmistotuotannon ja siihen liittyvän tietomallinnuksen alalla tietomalli on yleensä abstrakti, formaali esitys oliotyypeistä, joka voi käsittää niiden ominaisuudet, relaatiot ja niihin kohdistettavissa olevat toiminnot. Mallin oliotyypit voivat edustaa mitä tahansa todellisia asioita, kuten verkkolaitteita tai tapahtumia tai ne voivat olla abstrakteja käsitteitä kuten laskutusohjelmiston tietokokonaisuuksia. Tyypillisesti tietomalleja käytetään mallinnettaessa rajoitettuja kokonaisuuksia, jotka ovat kuvattavissa suljetulla joukolla oliotyyppejä, ominaisuuksia, relaatioita ja toimintoja. [\(Kirjoittajan käännös\)](#)

Vapaasti editoitavana tietosanakirjana Wikipedia edustaa yhteenvetoa kunkin aiheen ympärillä käytävästä keskustelusta ja muodostaa tavallaan kuvan aiheeseen liittyvästä yleistiedosta. Ylläoleva sitaatti osoittaa että keskustelussa rakennusten tietomalleista ja tietomalleista yleensä voi helposti syntyä sekaannuksia.

Keskustelua hämmentää myös entisestään se että, osa rakennusten tietomalleista on toteutettu hyödyntäen ohjelmistotuotannon tietomalleja. Esimerkiksi rakennustiedon IFC-standardi on ohjelmistotuotannon tietomalli, mutta yksittäinen IFC-tiedosto on rakennuksen tietomalli tai sen osamalli.

#### 2.4.1 Rakennuksen tietomallin käsitteen kehittyminen

Vielä 2000-luvun alussa rakennusten tietomallien sijaan puhuttiin yleisesti tuotemalleista. Arkikäytössä sanan tuotemalli vaihtuminen sanaan tietomalli on ohitettu olankohautuksella. Vaihdos kuitenkin kiteyttää tärkeän muutoksen mallintamiseen liittyvässä ajattelutavassa: Rakennus ei ole tuote samassa mielessä kuin tehdasvalmisteiset sarjatuotteet, vaan lähes jokainen rakennus on jokseenkin vajavaisesti suunniteltu yksilö – ikään kuin prototyyppi, jolla on poikkeuksellisen kovat laatuvaatimukset. Sarjavalmistuksen normaaliin tuotekehittelyn prosessiin, jossa prototyypit seuraavat toistaan ei yksittäisen rakennuksen kohdalla ole varaa. Toisiaan seuraavat hankkeet toki tarkoittavat, että suunnittelijoiden on mahdollista jonkin verran harjoittaa tuotekehitystä. Tilaaajan salissa on mahdollista kokeilevia ratkaisuja, joista toimiviksi todetut periytyvät seuraaviin projekteihin ja toimimattomia ei enää toisteta.

Toisaalta tuotemalli on ollut harhaanjohtava käsite myös siinä mielessä, ettei minkään yksittäisen suunnittelualan malli kuvaa rakennusta kokonaisuutena, eikä eri suunnittelualojen malleista tuotettu yhdistelmämalli ole yhtenäinen kokonaisuus, vaan pikemminkin eräänlainen kollaasi. Kuten luvussa 2.3.1 todetaan, se miten yhdistelmämallia nykyään käytetään, eroaa melkoisesti mallintavan suunnittelun alkuaikojen haavekuvista, joissa tavoitteeksi nähtiin että kaikki suunnittelualat todella työstäisivät yhtä aikaa yhtä ja samaa palvelimella olevaa rakennuksen mallia. Kehitys on jäänyt pääosin tapahtumatta lähinnä siksi, ettei suunnitteluohjelmistojen yhteentoimivuus ole läheskään riittävällä tasolla. Myöskään ainoa rakennussuunnittelun käytössä oleva avoin standardi, IFC ei ole pystynyt vastaamaan haasteeseen. Jos simultaanisen mallintamisen tiellä kuitenkin

joskus päästään eteenpäin, ovat suunnittelutoimistojen rajat ylittävän yhtäaikaisen suunnittelun metodologiset kysymykset vasta edessä.

Eräs mallintavan suunnittelun suuri lupaus on, että rakentamisen puutteellinen tuotekehittelyprosessi voitaisiin pitkälti virtualisoida, eli suorittaa tietokonein, fyysiseen todellisuuteen puuttumatta. Tällä mallintavan suunnittelun saralla kehitys on edennyt hyvin, mutta samalla on paljastunut, ettei edes toteutussuunnittelussa käyttökelpoisin mallin tarkkuustaso ole rakennuksen tuoteosamalli. Eniten kompromisseja joudutaan tekemään arkkitehdin mallissa, jonka on vastattava useisiin keskenään ristiriitaisia mallinnusvaatimuksia tuottaviin kysymyksiin.

Yllä esiteltyjen havaintojen edessä rakennusten mallintamiseen kohdistuneita odotuksia on ainakin toistaiseksi jouduttu lieventämään.

1. Minkään suunnittelualan malli ei yksinään kuvaa rakennusta kokonaisuutena.
2. Suunnittelualojen yhdistelmämallikaan ei kuvaa rakennusta täydellisesti.
3. Täydellinen yhdistelmämalli saattaa olla mahdottomuus.

Tavallisin vaatimus mallintavalle suunnittelulle lienee toteutusvaiheen kokonaissuunnitelman ristiriidattomuuden varmistaminen, jota käsitellään mm. YTV:n laadunvarmistusta koskevassa osassa 6 ([RT 10-11071](#)). Lisäksi mallintamisesta on tunnetusti hyötyä suunnitelmien havainnollistamisessa. Kasvavia tarpeita tietomalleille liittyy myös määrä- ja kustannuslaskentaan, energia- ja olosuhdeanalyysiin sekä rakentamisen logistiikkaan ([RT 10-11072](#); [RT 10-11074](#); [RT 10-11075](#) ja [RT 10-11078](#)). Näihin liittyy ristiriidattomuuden varmistamista mutkikkaampia automatisoituja analyysejä, jotka vaativat erittäin korkeaa mallihygieniää eli säännönmukaisten mallinnustapojen noudattamista. Toisinaan sääntöjen mukaan mallintaminen on kömpelöä ja sopii siksi huonosti ketteryttä vaativiin varhaisiin suunnitteluvaiheisiin. Toisinaan taas eri analyyysien tietotarpeet aiheuttavat keskenään ristiriitaisia mallinnusvaatimuksia, jolloin on päätettävä tehdäänkö kutakin analyysiä varten erillinen malliversio, vai karsitaanko analyysejä.

Tiedonhallinnan kannalta merkittävimmät, mallintavan suunnittelun ratkaisemattomat kysymykset liittyvät kuitenkin rakennusten ylläpitoon. Useimpien rakennuksien ylläpidon tiedot ovat järjestelmissä, jotka eivät ole yhteentoimivia rakennusten tietomallien kanssa ([Mäläskä, 2011 s. 70–72](#)). Mallintavan suunnittelun läpimurtokauden ajattelussa ongelman ratkaisuksi on tavallisesti esitetty ylläpidon järjestelmien päivittämistä ([Eastman ym., 2008 s. 127–128](#)). Todellisuudessa ylläpidon järjestelmien päivittämiseen liittyy huomattavia toiminnan jatkuvuuden varmistamiseen liittyviä hitausmomenteja, eikä omistaja yleensä ole halukas ottamaan käyttöön erillisiä ylläpitojärjestelmiä, vaan pyrkii pitämään kaikki kohteensa samassa keskitetyssä järjestelmässä. Tämän vuoksi siirtymäkausi tietomalliperusteisiin ylläpidon järjestelmiin saattaa muodostua pitkäksi. Motivaatiota siirtymäkauden ratkaisujen etsimiseen lisää se että, suurin osa rakennuksen elinkaaren kustannuksista kertyy ylläpidon aikana. Mikäli ylläpitoa voidaan malleista saatavien tietojen avulla tehostaa edes aavistuksen, syntyy merkittäviä kustannussäästöjä. Siirtymäkaudella painottunevatkin järjestelmäkohtaiset tiedon suodatusratkaisut, joiden tiedonhallintaa standardoiva vaikutus voi jäädä vähäiseksi.

Alueidenkäytön tiedonhallinnan näkökulmasta kiinnostavin rakennusten tietomallien mahdollinen käyttötarkoitus on rakennusvalvonta, joka pääosin tuottaa rakennusten toteumatiedot julkishallinnon järjestelmiin. Onkin luultavaa, että tulevaisuudessa merkittävä osa aluemallien rakennuksista koskevista tiedoista saadaan nimenomaan rakennusvalvonnan keräämistä malleista. Erillinen sivukysymys kuitenkin on kuinka laajasti rakennusten tietomallien geometriaa tullaan käyttämään alue- tai kaupunkimalleissa.

#### 2.4.2 Rakennusten inventointi ja rakennusmittaus

Alkujaan rakennusten mallintava suunnittelu koski lähes yksinomaan uudisrakentamista. Mallinnusosaamisen yleistyessä ja korjaustarpeiden kasvaessa, mallintava suunnittelu on tullut osaksi korjausrakentamisenkin keinovalikoimaa. Korjausrakentaminen on mallintavan suunnittelun näkökulmasta mielenkiintoinen ja haasteellinen erikoistapaus, koska suunnittelun lähtötilanne eroaa merkittävästi uudisrakentamisesta. Ennen kuin mallintaminen voidaan korjausrakentamisessa aloittaa, on olemassa olevasta rakennuksesta saatava mallintamiseen riittävät lähtötiedot. Toistaiseksi korjausikään tulevien rakennusten saatavissa olevat tiedot ovat lähes aina kaksiulotteisia paperisia tai digitaalisia suunnitteluasiakirjoja. Alkuperäisten suunnittelijoiden parhaistakin pyrkimyksistä huolimatta perinteiset suunnitteluasiakirjasarjoihin poikkeuksetta sisältyy ristiriitoja ja katvealueita, jotka tekevät lähtötilanteen mallintamisesta niiden perusteella tulkinnanvaraista. Usein puutteellisia lähtötietoja on paikattava rakennuksessa tehtävillä mittauksilla. Korjausrakentamisessa lähtötietojen keräämistä nimitetään inventoinniksi ja siihen mahdollisesti liittyvää mallintamista inventointimallintamiseksi. ([RT 10-11067](#))

Kuten rakennusten mallintamisen myös rakennusmittauksen menetelmät ovat kehittyneet nopeasti. Korjausrakentamisessa rakennusten mittaaminen laserkeilaamalla lie-  
neekin jo käytetyin menetelmä. Laserkeilauksen tuottama kolmiulotteinen pistepilvi eroaa käyttömahdollisuuksiltaan perinteisistä mittauksen aineistoista, koska sillä voidaan periaatteessa suoraan vähentää inventointimallinnuksen tarvetta. Pistepilvien käyttöönottoa mallintavassa suunnittelussa on tosin hidastanut aineistojen suuri koko ja rajallinen yhteentoimivuus.

Pistepilviaineistojen käyttöönotto syventänee rakennussuunnittelijoiden ymmärrystä rinnakkaisten, toisistaan poikkeavien tietovarantojen käytöstä. Tämä auttaa heitä paremmin ymmärtämään alueidenkäytön, kaupunki- ja infrasuunnittelun maailmaa, jossa heterogeenisten aineistojen käyttö on tyypillistä.

Rakennusmittauksen pistepilviaineistot osoittautunevat ennen pitkää hyödyllisiksi myös sellaisinaan, koska on todennäköistä että valtaosa kaupunkimalleissa käytettävästä rakennusten geometriasta saadaan jo lähitulevaisuudessa pistepilvistä. Laajoja alueita käsittävistä ilmalaserkeilauksista pysytään jo nyt tuottamaan suurpiirteisiä rakennusten malleja laskennallisin menetelmin ([esim. Zhu, 2015](#)). Tulevaisuudessa rakennusvaippojen tarkkaa laserkeilaamista voitaneen tehdä järjestelmällisesti myös esimerkiksi valmistuvan hankkeen loppukatselmuksen yhteydessä.



### 2.4.3 Rakennustiedon standardi IFC

Ainoa yleisesti käytetty avoin rakennustiedon standardi on IFC eli *Industry Foundation Classes*. IFC:n kehitys aloitettiin vuonna 1994 ja on ollut aktiivista siitä lähtien. Vuonna 2000 julkaistusta versiosta 2x lähtien IFC:n keskeisissä rakenteissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia, mutta standardia on laajennettu joitain kertoja. Vuonna 2006 julkaistun ja nykyisin yleisimmin käytetyn 2x3 version aikana IFC on saavuttanut merkittävän aseman rakennussuunnittelun tiedonsiirrossa ja ollut kasvavan kiinnostuksen kohteena niin rakennusten ylläpidon kuin tiedon pitkäaikaissäilytyksenkin näkökulmista. Nyt ollaan tilanteessa, jossa tiedonsiirron kehittäminen rakentamisen ja alueidenkäytön standardimuotoisten tietosisältöjen välillä on ajankohtaista. IFC:n seuraava versio, IFC4 (aiemmin IFC2x4), laajentaakin standardia erityisesti alueidenkäytön tietosisältöjen suuntaan ja parantaa yhteensopivuutta paikkatiedon kanssa. Rakennusten lisäksi IFC sopii käytettäväksi infrasuunnittelun pistemäisissä kohteissa, kuten taitorakenteissa. ([BuildingSmart International \[bSI\], 2016b](#))

IFC:n kehityksen pyrkimyksenä on ollut kuvata kaikki rakennustiedon piiriin kuuluvat tietosisällöt ja niiden keskinäiset suhteet. Seurauksena IFC:n rakenteesta on tullut valtavan laaja. Ääritapauksessa tämä tarkoittaa, että tiedonsiirto kahden IFC-yhteensopivan ohjelmiston välillä ei ole lainkaan mahdollista. Tiedonsiirron onnistuminen riippuukin enemmän siitä käsittelevätkö ohjelmat ylipäänsä samankaltaista tietoa. Tavallisempi IFC:n laajuudesta aiheutuva ongelma on epätäydellinen tiedonsiirto johtuen siitä että lähettävä ohjelma on tallentanut tietoa eri paikkaan IFC:n rakenteesta kuin mistä vastaanottava ohjelma sitä hakee. IFC:n laajuus onkin muodostunut todelliseksi ongelmaksi semanttiselle tiedonsiirrolle ja tästä syystä, ironista kyllä, IFC on nykykäytössä usein vain yksi vaihtoehto rakennusgeometrian siirrolle ohjelmien välillä.

IFC:n laajuusongelman ratkaisuksi on kehitetty tiedonsiirron käyttötapaus -menettely. Tiedonsiirron käyttötapaukset (MVD) rajaavat IFC:n rakenteesta jonkin ohjelmistojen välistä tiedonvaihtoa varten vaadittavan osan. Ajatuksena on että mikäli kaksi ohjelmaa tukee samaa tiedonsiirron käyttötapausta, tietyntyyppinen tiedonsiirto ohjelmien välillä on mahdollista. Laadukkaita tiedonsiirron käyttötapauksia ei toistaiseksi ole määritelty riittävästi, jotta niillä olisi suurta käytännön vaikutusta ([bSI, 2016c](#)). Yleisin lähtökohta tiedonsiirron käyttötapausten määrittelylle on yleistason käyttötarkoitus, esimerkiksi arkkitehtisuunnittelusta rakennesuunnitteluun. Monet samaan käyttötarkoitukseen, vaikkapa energia- ja olosuhdeanalyysiin, tehdyt ohjelmistot toimivat käytännössä niin erilaisista lähtökohdista, että yhden niitä kaikkia palvelevan tiedonsiirron käyttötapausten määrittelemisen on mahdotonta. Onkin kuviteltavissa että etenkin analyysiohjelmien valmistajien tulisi itse määrittää tiedonsiirron käyttötapaukset ohjelmistoillensa.

IFC:tä kehittävä buildingSMART international tarjoaa ohjelmistoille sertifiointeja, jotka perustuvat tiedonsiirron käyttötapauksiin. Ainoa sertifioitavissa oleva tiedonsiirron käyttötapaus on *IFC2x3 Coordination View (CV)*, joka pyrkii mahdollistamaan tiedonsiirron arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelun ohjelmistojen välillä. Tästä syystä CV:n kehityksessä on keskitytty valikoimaan useimpien suunnitteluohjelmistojen tukemat tietosisällöt. CV on laaja ja sen kehitykseen osallistuu aktiivisesti edustajia useimmista

merkittävistä suunnitteluohjelmistojen tuottajista. Monille ohjelmistoille CV määrittelee IFC-tiedonsiirron koko perustan.

Perinteisesti IFC ei ole juuri tarjonnut välineitä rakennuspaikan tietojen kuvaamiseen. Esimerkiksi IFC2x3 sisältää kyllä rakennuspaikan käsitteen (IfcSite), mutta siihen sidotulle geometrialle ei ole tarjolla tarkentavaa tietoa. IFC:n määrittelyn mukaisesti rakennuspaikka voisi kyllä periaatteessa muodostua useammasta osasta, joiden merkitys voitaisiin ilmaista nimen tai jonkin muun vapaasti määriteltävän ominaisuuden perusteella. Coordination View kuitenkin määrittelee, että projektilla saa olla korkeintaan yksi rakennuspaikkaelementti ja kuvattua menettelyä ei siksi käytetä. Toinen tapa laajentaa rakennuspaikan tietosisältöä on mallintaa ympäristöä rakennusosilla, jotka rakennuksen sijasta liittyvätkin suoraan rakennuspaikkaan. Tukimuurien ym. rakenteiden kohdalla menettely on johdonmukainen, mutta rakennusosien käyttö vaikkapa maaperän tai päällysteiden esittämiseen voi johtaa sekaannuksiin. IFC:tä tuskin käytetäänkään esimerkiksi pohjatutkimustietojen siirtoon geoteknisestä suunnittelusta rakennussuunnitteluun.

IFC:n rajallisuus rakennuspaikan tietojen esittämisessä on harmillista esimerkiksi rakennuksen kohdetietojen taltioinnin näkökulmasta. Jossain mielessä, jopa perinteinen rakennuksen kaksiulotteinen toteumatietopaketti asemapiirroksineen sisältää parempaa tietoa rakennuksen ulkoalueista kuin mitä IFC-muotoiseen rakennuksen tietomalliin on mahdollista sisällyttää. Rakennuspaikan tietojen sujuva yhdistäminen rakennuksen tietoihin myös säilytyksessä on järkevää, sillä usein samalla paikalla tehdään myöhemmin alkuperäistä rakentamista pienempiä toimenpiteitä, jotka hyötyisivät rakennuksen ympäristön ja ympäristöön liittymisen tiedoista. Lopulta nämä tiedot ovat tarpeen myös rakennuksen purkua suunniteltaessa.

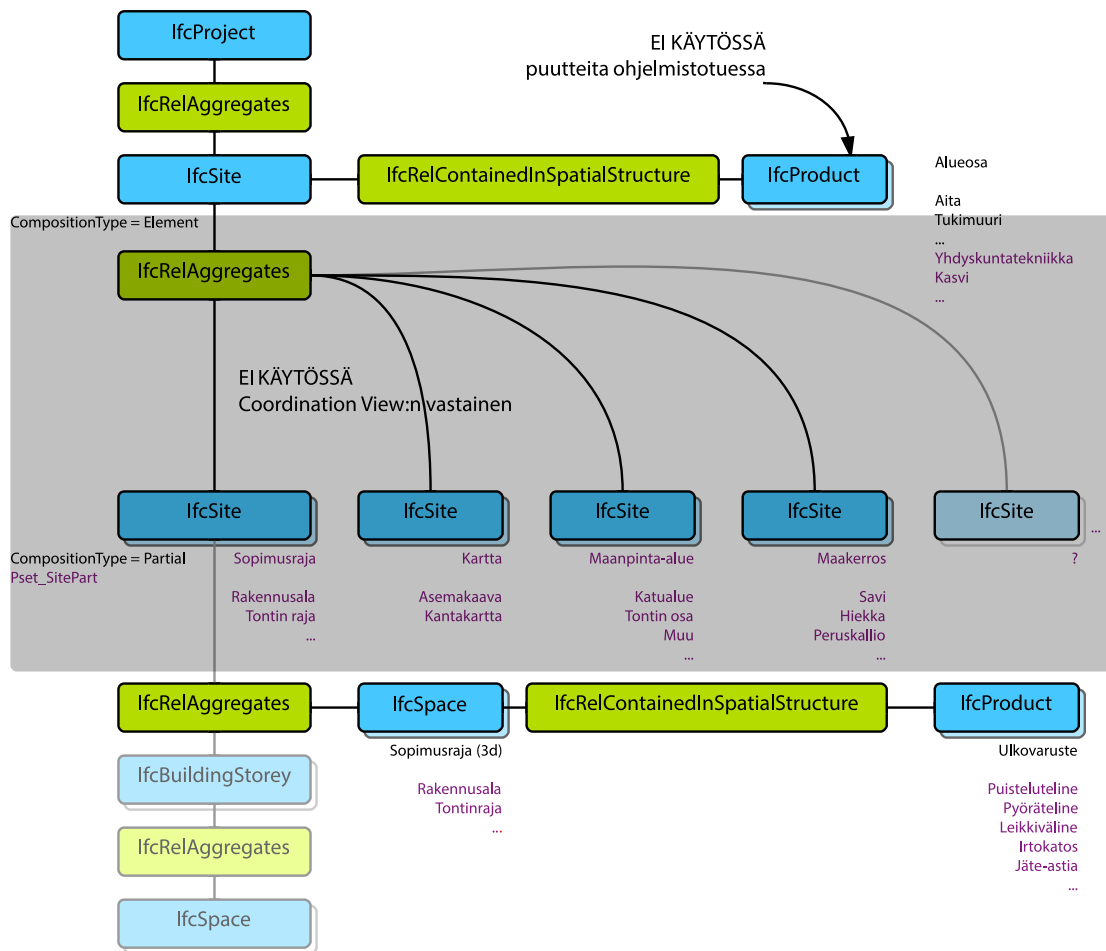
Ongelmallinen IFC:n tilanne on myös aluetietojen yhteentoimivuuden näkökulmasta, jossa rakennuspaikan ominaisuudet ja rakennuksen liittyminen ympäristöön ovat kiinnostavuudeltaan verrattavissa rakennuksen tietoihin. Nykyisellään alue- ja rakennustiedon välillä onkin rakennuspaikan mentävä aukko.

Onneksi IFC:n rakennuspaikkaa koskevien tietojen kohdalla tunnelin päässä näkyy jo valoa. Vuonna 2013 julkaistu IFC4 laajentaa rakennuspaikkaan sisältyvien tietojen esitysmahdollisuuksia merkittävästi. Uudet luokat IfcGeographicElement ja IfcCivilElement paremman yhteentoimivuuden maanmittauksen ja infrasuunnittelun paikkatietojen kanssa. Lisäksi IFC4:n kohdalla Coordination View on korvattu rakennuspaikan tietojen osalta sallivammalla Design Transfer View:llä, joka periaatteessa mahdollistaa rakennuspaikan pilkkomisen osiin ja usean rakennuspaikan sisällyttämisen samaan malliin. Valitettavasti vienee aikansa ennen kuin nämä ominaisuudet todellisuudessa saadaan käyttöön, koska IFC2x3:n vakiintunut asema hidastaa IFC4:n käyttöönottoja ja lisäksi useimmista rakennussuunnittelun mallinnusohjelmista puuttuu tuki rakennuspaikan elementtien erottelulle rakennuksen elementeistä.

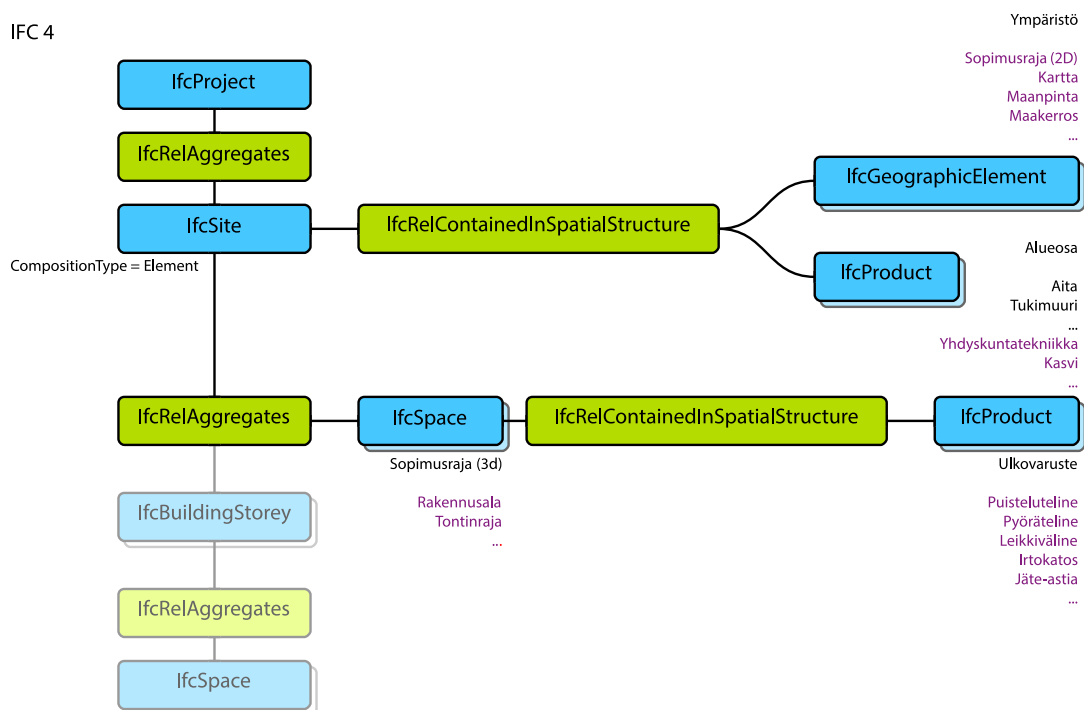
Aluetietojen yhteentoimivuuteen on kuitenkin odotettavissa parannuksia, koska IFC-muotoisten rakennusten tietomallien hyödyntäminen kiinnostaa rakennusvalvontatoimia. Samalla on virinnyt keskustelua myös mahdollisuuksista todeta IFC arkistokelpoiseksi, mutta toistaiseksi kehitys on luvussa 2.2.5 kerrotuista syistä jäänyt polkemaan paikallaan, muun arkistokelpoisuuksien kehittämisen ohella. (Malmi, 2014)



# IFC 2X3



## IFC 4



Viimeaikoina BuildingSMART international on myös alkanut kehittää infrasuunnitteluun sopivia IFC-laajennuksia. Toistaiseksi ainoa valmis laajennusmäärittely kuvaa infrasuunnittelun viivamallia, jonka tehtävä on pohjustaa tulevia radan, tien, sillan ja tunnelin määrittelyjä. Ajatus hyödyntää IFC:tä pituudeltaan merkittävässä inframalleissa tuntuu oudolta, koska IFC-geometria ei tue verteksikohtaisten maapallokoordinaattien käyttöä. Käytännössä tämä luultavasti tarkoittaisi, että esimerkiksi IFC-muotoinen tiemalli olisi välttämätöntä pilkkoa pätkiksi, niin ettei koordinaatistorajoitteisuudesta aiheudu rakennettavuutta haittaavia mittavirheitä. (bSI, 2016a)

#### 2.4.4 Toimivatko rakennusten tietomallit yhteen aluetiedon kanssa?

Kiinnostus rakennusten tietomalleja kohtaan on levinnyt rakennussuunnittelun ulkopuolelle kohti alueidenkäytön tiedonhallintaa. Rakennussuunnittelun tuottamat aineistot vaikuttavat kiinnostavan ainakin rakennusvalvonnassa ja kaupunkimallinnuksessa. Tietomallien ottamisella käyttöön rakennusvalvonnassa olisikin varmasti merkittävä standardoiva vaikutus rakennusten mallintamiseen, ja se edistäisi paitsi rakennusvalvonnan sujuvuutta, myös rakennusten ylläpidon aikaista tiedonhallintaa ja kaupunkimallien tietosisällön monipuolistumista.

Rakennusten mallintavan suunnittelun ja muun alueidenkäyttöön liittyvän mallintavan suunnittelun lähentymistä edistää osaltaan myös laserkeilauksen yleistyvä käyttö rakennussuunnittelussa. Rakennusmittauksen pistepilviaineistot voisivat hyvinkin olla käyttökelpoisia tarkempien aluemallien tuottamisessa, jos niitä voitaisiin kerätä järjestelmällisesti, esimerkiksi valmistuvien hankkeiden loppukatselmusten yhteydessä. Toisaalta pistepilviaineistojen käyttö rakennusten mallintavan suunnittelun apuna auttaa rakennussuunnittelijoita ymmärtämään rakennussuunnittelua monialaisemman aluemallintamisen problematiikkaa.

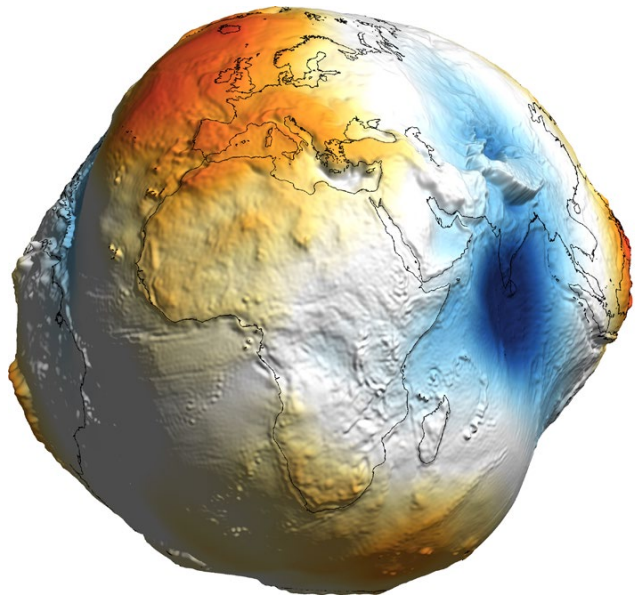
Toistaiseksi rakennusten tietomallien tiedonsiirrossa yleisimmin käytetyn IFC2x3-version tarjoamat mitättömät mahdollisuudet rakennuksen ympäristön kuvaamiseen rajoittavat yhteentoimivuutta alueidenkäytön muiden tietovarantojen kanssa. Kenties kuva kuitenkin selkenee lähivuosina, jos rakennusten tiedonsiirrossa siirrytään käyttämään IFC 4-versiota.

Vaikka rakennusten mallit ovatkin semanttisen paikkatiedon näkökulmasta ongelmallisia, on niitä silti mahdollista käyttää aluemallien osina. Tähän kysymykseen palataan työn kokeellisessa osuudessa, luvussa 4.1.1.

### 2.5 Alueen tietomalli?

Ajatus aluetason tietomallista on tuore rakennuksen tietomalliin verrattuna, eikä sille toistaiseksi vaikuta löytyvän edes vakiintunutta termiä. Aiheen ympärillä käynnissä olevassa keskustelussa puhutaan tavallisimmin kaupunkimalleista ja kaupunkien tietomallinnuksesta. Luultavasti monet keskusteluun osallistuvat mieltävät alueen tai kaupungin tietomallin analogisena vakiintuneelle rakennuksen tietomallin käsitteelle. Tämän ajatuksen mukaan alueen tietomalli olisi alueen semanttinen konekielinen kuvaus – käytännössä

## geoidin pinnanmuoto EGM2008 mittauksen mukaan

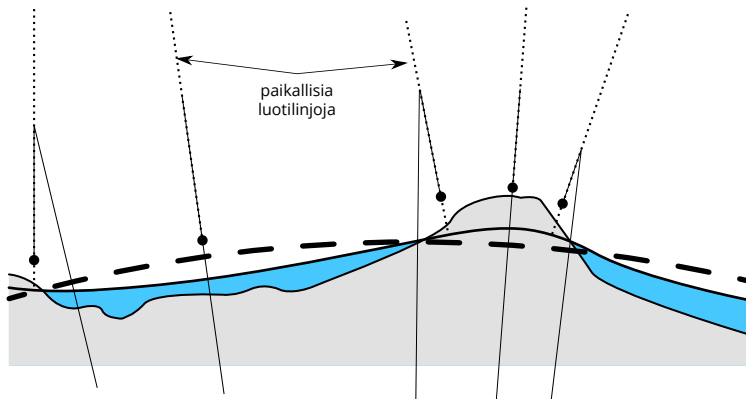


Geoidi on maapallon painovoimakentän muotoa kuvaava malli. Se on muoto johon levossa oleva keskimerenpinta asettuisi, jatkuen kuvitteellisesti myös mantereiden alitse. Geoidin pinta on merenpinnasta laskettavien korkeuksien nollakorko.

Kuvan geoidin muoto on laskettu EGM2008 painovoimakenttämallista. Pinnan korkeusvaihtelut on esitetty tuhatkertaisina. Väritysteasteikko ilmoittaa geoidin todellisen korkeuden.

Lähde: Bezděk A., Sebera J. (2013)

## ellipsoidi, geoidi, maanpinta



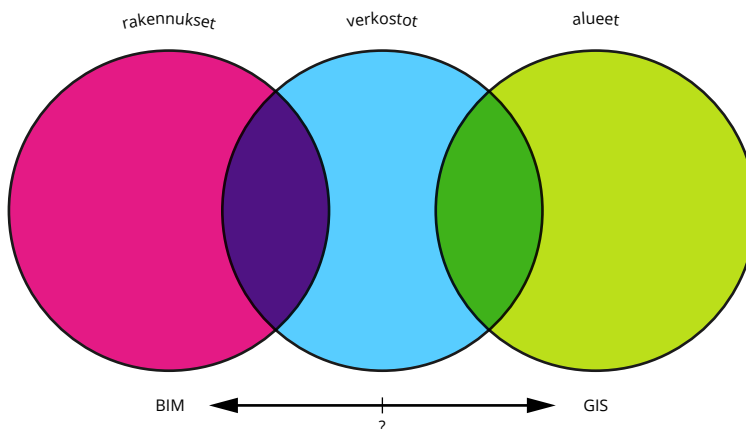
Ellipsoidi on maanpintaa kuvaava matemaattinen malli, jota käytetään koordinaattijärjestelmien perustana. Nykyisten vertausellipsoidien keskipisteenä käytetään maan massakeskipistettä. Karttojen maantieteelliset koordinaatit (leveys ja pituus) määritetään ellipsoidilla.

Korkeuksista puhuttaessa tarkoitetaan useimmiten korkeutta merenpinnasta eli korkeutta suhteessa geoidiin. Tämä on käytännöllistä koska korkeus merenpinnasta kertoo samalla veden virtaus suunnan. Kaikissa painovoimaan perustuvasa mittauksessa myös pystysuora määräytyy suhteessa geoidiin. Vertausellipsoidin pinnasta mitattua korkeutta kutsutaan ellipsoidiseksi korkeudeksi.

ellipsoidi  
geoidi  
maanpinta

Lähde: Wikimedia Commons (2009)  
Alkuperäistekijä: MesserWoland  
Julkaistu lisenssillä CC BY-SA 3.0

## alueidenkäytön mallien kategoriat



Rakennukset suunnittelun sovellukset hyödyntävät rakennuspaikkaan sidottua suorakulmaista eli karteesta koordinaatistoa. Aluesuunnittelussa käytetään paikkatietojärjestelmiä

yksittäinen tiedosto, tietokanta tai järjestelmällinen kokoelma tiedostoja ja/tai tietokantoja – jos kuvauksena käytetään mukaelmaa yleisessä käytössä olevasta rakennuksen tietomallin määritelmästä ([Eastman ym., 2008, s. 467](#)).

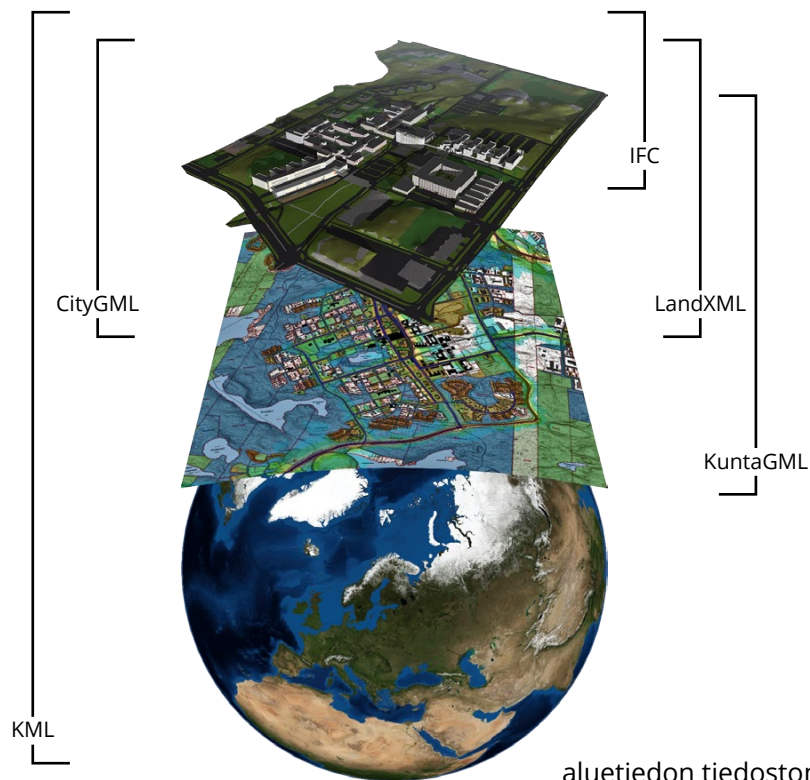
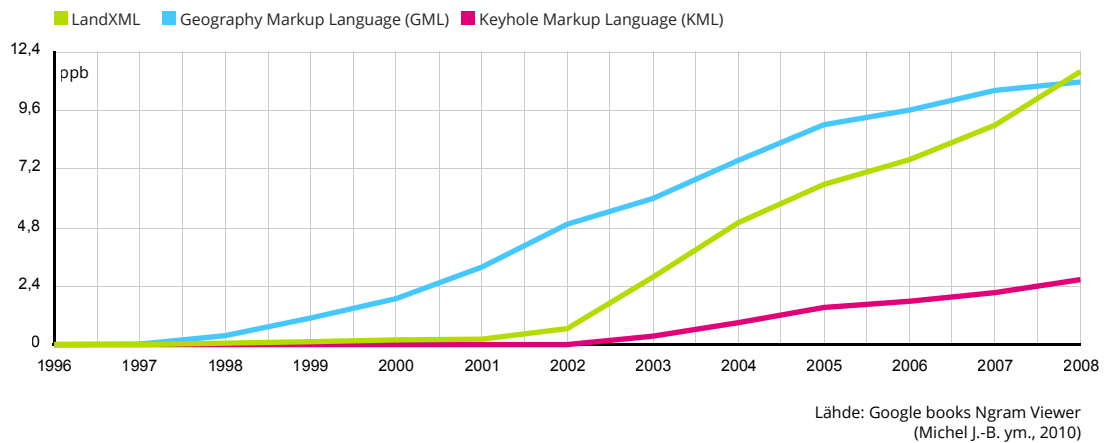
Tässä luvussa “alueen tietomallia” pyritään tarkastelemaan rakennusten tietomalleista saatujen kokemusten kautta, joita on avattu edeltävässä luvussa 2.4. Kuten rakennusten tiedot, myös alueidenkäytön tiedot jakautuvat erillisiin, mutta lomittuneisiin osakokonaisuuksiin. Aluetiedon määrä ja heterogeenisuus tosin on rakennustietoa huomattavasti laajempi, ja luonnollisesti rakennusten tietomallit ovat vain yksi monista aluetiedon osakokonaisuuksista. Koska jo rakennusten tietomallien IFC-standardin laajuus todettiin ongelmalliseksi, voitaneen myös hyvällä syyllä kysyä onko alueen tietomalli määriteltävissä kuten rakennuksen tietomalli, ja onko yhtenäiseen alueen tietomalliin tähtääminen edes mielekästä.

Alueidenkäytön tiedot ovat lähtökohtaisesti paikkatietoja. Perinteisesti paikkatiedot ovat olleet kaksiulotteisia vektori- tai rasteriaineistoja. Tällaisia aineistoja käsitellään paikkatietojärjestelmissä, joissa kohteet esitetään kiintopisteidensä koordinaattien avulla. Yksittäisten kiintopisteiden paikkasidonnaisuus mahdollistaa aineistojen tarkastelun eri karttaprojektioissa. Yleensä paikkatietokohteet sisältävät myös ominaisuustietoja, jotka on koottu taulukkomuotoiseksi tietokannaksi. Tällainen ominaisuustieto voi olla esimerkiksi kiintopisteen korkeusasema, jolloin puhutaan toisinaan myös kaksi- ja puoli-ulotteisesta eli 2½D tai 2,5D tiedosta.

Monet paikkatietojärjestelmät ovat kaksiulotteisia ymmärrettävistä syistä. Korkeusvaihtelut maapallon pinnalla ovat vähäisiä verrattuna pinnan laajuuteen. On luontevaa yksinkertaistaa navoiltaan hieman litistynyt maapallo ellipsoidiksi ja projisoida pinnan kohteet sille. Geodesiassa tällaista laskennallista muotoa kutsutaan vertausellipsoidiksi. Karttaprojektoiden pohjat, datumit, perustuvat vertausellipsoideille ja tämän vuoksi kartta-aineistoja on mahdollista muuntaa projektioista toiseen. Perinteisen paikkatietojärjestelmän tasomainen karttaikkuna noudattaa näkymälle valittua karttaprojektiota.

Kaksiulotteista, vertausellipsoidiin perustuvaa esitystä paikkatiedoille tukee myös se, että korkeuden määrittäminen on haasteellista. Tämä johtuu siitä, että korkeusmittaus perustuu maapallon painovoimakenttään, joka ei ole tasainen. Maapallon painovoimakentän kolmiulotteista esitystä kutsutaan geoidiksi. Geoidi on likimain muoto johon levossa oleva keskimerenpinta asettuisi, jatkuen kuvitteellisena myös mantereiden alitse. Niin sanottu korkeus merenpinnasta eli ortometrinen korkeus on itse asiassa paikallinen korkeus geoidin pinnasta. Tästä syystä maanpinnan tasossa olevan mittalaitteen alapäin suunta ei välttämättä osoita kohti maapallon massakeskipistettä, jota esimerkiksi kauempana maapallosta kulkevat satelliitit kiertävät. Korkeudet voidaan esittää joko suhteessa vertausellipsoidiin tai suhteessa geoidiin. Esitystapojen ero on, että ellipsoidinen korkeus kuvaa maapallon muotoa avaruudesta nähtynä, ja korkeus merenpinnasta kuvaa painovoimaan liittyvää kokemusta. Esimerkkinä erosta voidaan käyttää veden virtaussuuntaa maanpinnalla tai merenpinnan korkeusasemaa. Ilmoitettaessa korkeudet ellipsoidisina on mahdollista, että toisinaan veden virtaussuunta on matalammasta korkeampaan ja että merenpinta ei ole tasainen. ([Häkli ym, 2009](#))

termien *LandXML*, *GML* ja *KML* esiintyminen englanninkielisessä kirjallisuudessa vuosina 1996-2008



aluetiedon tiedostomuotojen mittakaavat

Paikkatietojen perinteestä ja kolmiulotteisen esityksen haasteista huolimatta on syntynyt tarve kolmiulotteisille paikkatiedoille ja paikkatieto-ohjelmille. Taustalla on erilaisista lähteistä kumpuavia tarpeita usealta eri suunnittelualalta. Nykyaikainen infrasuunnittelu ja koneohjaus vaativat kolmiulotteisen geometrian esittämistä maapallokoordinaatistossa. Kaupunkien suunnittelun problematiikka on muuttunut kolmiulotteiseksi maanalaisine kaavoineen. Myös kolmiulotteiset kiinteistörajat ja päällekkäiset kiinteistöt ovat tuloillaan. Perinteinen aluesuunnittelukin hyötyy kolmiulotteisista paikkatiedoista, koska riittävän laajojen alueiden kallioperän ja maanpinnan tarkka mallintaminen ei onnistu ilman.

Seuraavissa alaluvuissa esitellään keskeisiä kolmiulotteisen paikkatiedon standardeja, joita älykkäästi yhdistelemällä haave alueen tietomallista saattaisi lähentyä todellisuutta.

## 2.5.1 Paikkatietostandardi GML

*Geography markup language* eli GML on XML-rakenteinen paikkatiedon esittämiseen tarkoitettu avoin kansainvälinen standardi. Ensimmäinen GML versio 1.0 on julkaistu vuonna 2000 ja nykyisin käytetty 3.2.1 vuonna 2007 ([Open Geospatial Consortium \[OGC\], 2012b](#)).

GML-standardin perusosa määrittää ainoastaan suppean joukon kaksi- ja kolmiulotteisen paikkatiedon esittämiseen vaadittavia alkioita. Eri käyttötarkoituksissa vaadittavat attribuutitiedot liitetään perus-GML:ään sovellusskeemojen avulla. Näitä sovellusskeemoja mainitaan OGC:n sivuilla lukuisia ([OGC, 2012a, 2012b, 2012c ja 2012e](#)). Tiedonsiirto eri sovellusskeemaa hyödyntävien GML-implementaatioiden välillä vaatii skeemojen välistä tulkkausta. Tulkkauksen vaikeutena on, etteivät eri sovellusskeemojen käyttämät käsitteet välttämättä rajaudu yhdenmukaisesti. Käsitteistöjen yhteensovittamisen haaste on tietojenkäsittelytieteessä yleinen ja sitä tutkitaan tietojenkäsittelyn ontologioiden avulla. Alueidenkäytön suunnittelun ontologioiden yhteensovittaminen on todettu haastavaksi ([Dobson, 2009; Ban & Ahlquist, 2009](#)).

Vapaan sovellusskeemamäärittelyn aiheuttamista yhteensopivuushaasteista huolimatta GML edistää yhteentoimivuutta, koska sen perusosa mahdollistaa aina vähintään georeferoidun geometriatiedon siirtämisen. Toisaalta vapaa sovellusskeemamäärittely saattaa jopa alentaa käyttöönottokynnystä, kun standardin käyttöönotto ei kaadu paikallisesti epäsopivaan ontologiaan.

Suhteellisesta uutuudestaan huolimatta GML on saavuttanut vahvan aseman paikkatiedon standardina. Useat standardoitua esitystä vaativat paikkatietoratkaisut perustuvat GML:ään. Eurooppalaisessa paikkatiedon standardoinnissa GML:llä on vahva asema INSPIRE-direktiivin mukaisten paikkatietojen suositusstandardina ([Euroopan komissio \[EC\], 8.4.2014](#)). Myös Suomessa JHS 162, Paikkatietojen mallintaminen tiedonsiirtoa varten, esittää GML:ää käytettäväksi paikkatietojen mallintamiseen ([JUHTA, 2007](#)), ja käyttöönotto on alkanut jo ennen INSPIREN voimaantuloa luodun KuntaGML-sovelluskeeman laatimisesta.

### 2.5.1.1 Suomalaisen kuntatiedon standardi, KuntaGML

KuntaGML on kuntien ja TEKESin alkujaan vuosina 2006–2009 toteuttamassa kehityshankkeessa laadittu kokoelma kuntien paikkatietojen mallintamiseen tarkoitettuja GML-sovellusskeemoja. KuntaGML:n kehitystyöhön ovat osallistuneet myös useat suomalaisittain merkittävät paikkatietojärjestelmätoimittajat. Lisäksi KuntaGML:n vaikutus on huomioitu Inspire-direktiivin toteutumisesta edistävissä toiminna ([MML 2013b](#)). Kantakartan ja asemakaavan mallintamista käsittelevät KuntaGML:n osat löytyvät kunnan paikkatietopalvelurajapintaa käsittelevästä JHS 178:sta ([JUHTA, 2010b](#)). Myös Kuntaliitto on luonnollisesti antanut suosituksen KuntaGML:n käytöstä kuntien paikkatietopalvelurajapinnoissa.

KuntaGML:n kuvaamat tietosisällöt ovat:



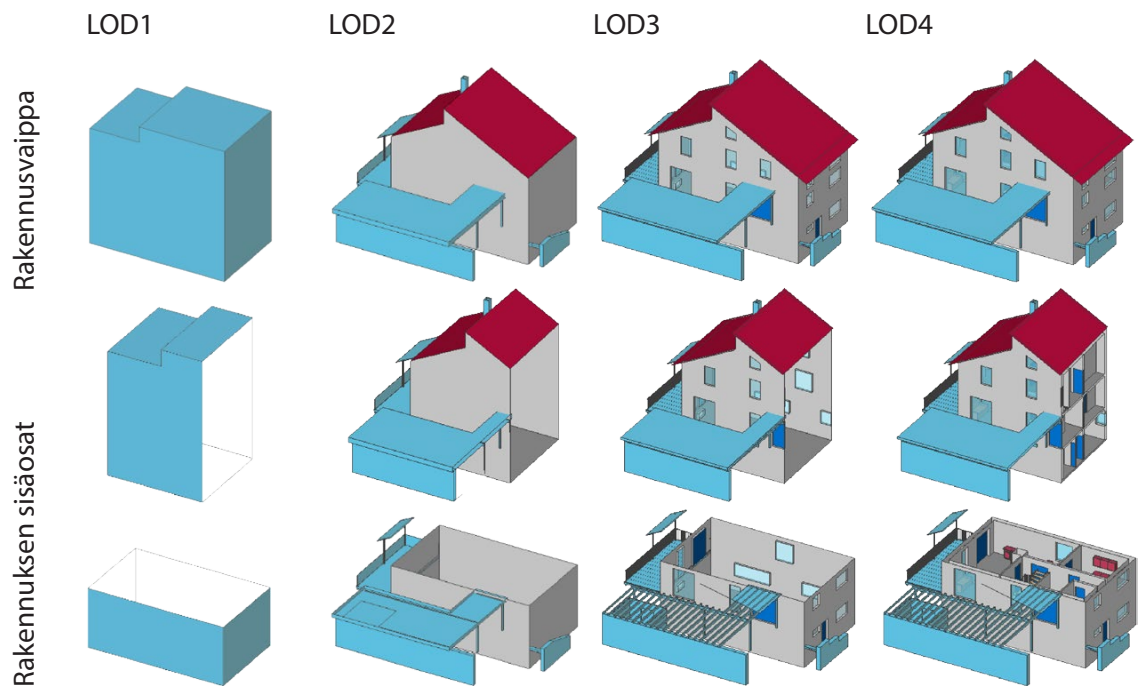
- Kantakartta
- Asemakaava
- Rakennuslupatiedot
- Poikkeamispäätökset ja suunnittelutarveratkaisut
- Ympäristötoimen tiedot

Opaskartan ja siinä esitettävien palveluiden tiedot

- Osoitetiedot

Mikäli kuntasuunnittelun menetelmien muuttuessa suunnitelmien perinteiset esitystavat uhkaavat jäädä riittämättömäksi, herää kysymys KuntaGML:n tulevaisuudesta. Muuttuvatko kuntasuunnittelun esitystavat, ja KuntaGML niiden mukana, vähän kerrallaan vai päädytäänkö rakennussuunnittelun nykytilaa vastaavaan tilanteeseen, jossa osa esitystavoista halutaan korvata uusilla?

#### 2.5.1.2 Kaupunkitiedon standardi CityGML



Rakennuksen malli CityGML:n tarkkuustasoissa LOD1-LOD4. (OGC 2012e)  
© Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Franz-Josef Kaiser

CityGML on kolmiulotteisten kaupunkimallien esittämiseen tarkoitettu GML-sovelluskeema. Suunnittelussa laajojen kolmiulotteisten kaupunkimallien käyttö on hiljalleen arkistumassa. CityGML ei toistaiseksi ole laajassa käytössä, mutta akateeminen ja poliittinen kiinnostus sitä kohtaan on vireää. Esimerkiksi Inspire-direktiivin rakennustietoja käsittelevän määrittelyn luonnoksessa CityGML:ään viitataan tiuhaan (EC, 10.12.2013), mutta direktiivi ei ilmeisesti tule velvoittamaan sen käyttöön. Rakennusten tietomallintamisen standardointia Suomessa koordinoiva BuildingSmart Finland:n Kaupunkisuunnittelun toimialaryhmä vaikuttaa kannattavan CityGML:ää kaupunkimallien standardiksi, kuten käy ilmi ryhmän puheenjohtajan Anssi Savisaloon (10.2.2015) pitämästä esitykses-

tä. Poliittisen kiinnostuksen ja kaupunkimallinnuksen kehittäjien innostuksen voi olettaa luovan painetta CityGML:n käytön lisääntymiselle julkisella sektorilla.

CityGML-määrittely sisältää viisi erillistä tarkkuustasoa (LOD), jotka kattavat eri tarkastelumittakaavat aluerakenteesta yksittäisen rakennuksen sisätiloihin asti.

- LOD 0 – maastomalli
- LOD 1 – rakennetun ympäristön palikkamalli
- LOD 2 – rakennetun ympäristön karkea malli
- LOD 3 – rakennetun ympäristön tarkka malli
- LOD 4 – sisätilamalli

## 2.5.2 Paikkatietostandardi KML

KML on alun perin kartta- ja maapalloselaimissa, kuten Google Earthissa esitettäviä merkintöjä ja havainnollistuksia varten kehitetty XML-notaatio. KML on lyhenne sanoista *keyhole markup language* sen kehittäneen Keyhole Inc:in mukaan, jonka Google osti vuonna 2004 saadakseen haltuunsa Google Earthin kehittämiseen johtaneen teknologian. Vuonna 2007 Google esitti OGC:lle KML:n standardointia ja julkaisua. KML hyväksyttiin OGC:n standardiksi vuonna 2008, jonka jälkeen sitä on jossain määrin harmonisoitu GML:n kanssa. OGC näkee KML:n muita paikkatietostandardejaan, kuten GML:ää, WFS:ää ja WMS:ää täydentävänä esitystapana. ([OGC, 2012b, 2012c, 2013a, ja 2013b](#))

KML:n erikoisuutena kolmiulotteisten paikkatietostandardien joukossa on sen tiedon stilisointiin ja havainnollistamiseen liittyvät ominaisuudet, kuten tekstuurit, kamerat, kamera-ajot jne. KML:n vahvuus on sen laaja käyttö monenlaisissa verkko- ja työpöytäsovelluksissa.

Julkisen sektorin kiinnostus KML:ää kohtaan on kuitenkin ollut vähäistä. Esimerkiksi INSPIRE-direktiivin verkkosivuilla ja KML mainitaan kahdesti INSPIREN kahdessa eri määrittelyasiakirjassa yhteensä viisi kertaa. Pisin maininnoista on lainattuna alla kokonaisuudessaan.

EXAMPLE      An encoding rule to support geographic visualisation in a number of commonly-used clients could be KML-based. Unlike GML, KML is an XML language focused on geographic visualisation, including annotation of maps and images. Geographic visualisation includes not only the presentation of graphical data on the globe, but also the control of the user's navigation in the sense of where to go and where to look. ([EC, 8.4.2014](#))

ESIMERKKI      Paikkatietojen havainnollistuksia tukeva koodaussääntö voisi useissa yleisessä käytössä olevissa ohjelmissa olla KML-pohjainen. GML:stä poiketen KML on paikkatiedon havainnollistamiseen, kuten karttojen ja kuvien lisämerkintöihin keskittynyt XML-kieli. Paikkatiedon havainnollistamiseen ei liity ainoastaan graafisen tiedon esittäminen maapallon pinnalla, vaan myös käyttäjän liikkeenohjauksen hallinta, tarkoittaen minne päin liike ja minne katse kohdistuvat. ([kirjoittajan käännös](#))

Vaikka julkisen sektorin näkemyksen KML:n hyödyntämisestä ovatkin lähes olemattomia, on hyvä että standardin olemassa olo on kuitenkin sentään huomattu ja että sillä on virallinen vakaa asema OGC:n alaisuudessa.



### 2.5.3 Infratiedon standardi LandXML

LandXML on maarakentamisen tarpeisiin kehitetty avoin standardi. Ensimmäinen LandXML-versio 0.88 on julkaistu vuonna 2000 ([LandXML.org](http://LandXML.org), 2016). Vuonna 2008 julkaistun version 1.2 jälkeen kehitystyö oli pitkään pysähdyksissä ja hankkeen verkkosivuilla päivityksiä. Vuoden 2014 aikana kehitystyö virisi uudelleen, ja uudesta versiosta 2.0 julkaistiin luonnos. Sittenkin myös IFC:tä kehittävä buildingSmart on ollut halukas tukemaan LandXML:n ylläpitämistä ja kehittämistä toistaiseksi. BuildingSmart kuitenkin suhtautuu LandXML:ään tilapäisenä ratkaisuna ja odottaa LandXML:n tarjoamien sovellusten tulevaisuudessa korvautuvan IFC:n ja GML:n yhdistelmällä ([bSI 2015](#)).

LandXML:ää koskevat samat avoimia standardien käyttöä puoltavat argumentit kuin muitakin tässä tutkimuksessa käsiteltyjä avoimia standardeja. LandXML:n kiinnostavuus perustuu siihen, että alana yhdyskuntatekniikan verkostojen suunnittelu sijoittuu rakennussuunnittelun ja alueiden suunnittelun välimaastoon. Tässä ympäristössä standardilta edellytetään piirteitä sekä BIM- että GIS-maailmasta. Verkstohankkeiden toteuttamiseen vaaditaan yhtäältä tarkkaa jatkuvaa geometriatietoa suunnitelmasta ja toisaalta tarkkoja sijaintitietoja koko suunnitelman matkalta. Suunnittelutiedon semanttisuus voi parhaimmillaan olla hyödyllistä vastaavilla tavoilla kuin rakennussuunnittelussa ja alueidenkäytön suunnittelussa.

LandXML:ää on standardina kritisoitu tulkinnanvaraisuudesta ([Amann ym., 2013](#)). Tämä johtunee osaltaan standardin vähäisestä käytettyydestä, jonka seurauksena LandXML:n yhteyteen ei ole syntynyt IFC tiedonsiirron käyttötapauksia tai GML:n sovelluskeemoja vastaavia yleisesti hyväksyttyjä järjestelyjä. Käytännössä tällaisten käyttöohjeiden luomiselle ei tietenkään ole esteitä. Esimerkkinä tästä on suomalainen LandXML-sovellusohje, Inframodel.

#### 2.5.3.1 Suomalaisen maarakentamisen sovellusohje Inframodel

Inframodel on VTT:n johdolla alkujaan samannimisessä tutkimushankkeessa vuosina 2002–2003 kehitetty LandXML 1.0 -sovellusohje. Inframodelista on sittemmin julkaistu kaksi uutta versiota. Inframodelin neljäs versio on parhaillaan lausuntokierroksella. Uusimmat Inframodel versiot tukeutuvat LandXML 1.2:een.

Inframodel on osittain edelleen pilotointivaiheessa ([Häkkinen L., 2012](#)). Vuoden 2010 puolessa välissä julkaistussa InfraTIMANTTI-hankkeen esiselvityksessä todetaan LandXML:n kaltaisten tietomallien tarpeen maarakentamisessa olevan vähäistä, koska kehitystyö keskittyy koneohjaukseen joka voidaan toteuttaa geometriamallien ja paikkatietojen perusteella ([Hyvärinen ym., 2010 s. 17](#)). Ilmeisesti kehitys tulee olemaan ennakoitua reippaampaa, sillä jo saman vuoden lopulla julkaistussa InfraTM koneohjaushankkeen loppuraportissa LandXML:n käytön todetaan vähentävän päällekkäistä työtä ja poistavan virhemahdollisuuksia perinteisiin geometriamalleihin perustuviin työtapoihin verrattuna ([InfraTM, 2010](#)).

Inframodel-pilotoinnista saadut positiiviset kokemukset asettavat LandXML:n mielenkiintoiseen asemaan. Käytännössä vahvan jalansijan saanutta standardia saattaa olla vaikea korvata uudella, mikäli tulokkaalla ei ole tarjota merkittäviä lisähyötyjä. BuildingSMARTin näkökulma LandXML:n suuntaan on vasta muodostumassa ja IFC-infralaajennusten kehitys tuntuu etenevän verkkaisesti. Toisaalta OGC ja BuildingSMART kehittävät nyt yhdessä myös LandXML:n korvaajaksi kaavailtua InfraGML-formaattia ([Scarponcini, 2.9.2014](#)).

LandXML:llä ja Inframodel:lla voikin olla vielä vuosia aikaa vakiinnuttaa asemaansa maarakentamisessa ja verkostojen suunnittelussa ennen kuin OGC:n ja BuildingSMARTin kaavailemat korvaavat ratkaisut on otettavissa käyttöön.



#### 2.4.5 Mitä ovat rakennetun ympäristön tietomallit?

Toistaiseksi paikkatietojen ja rakennusten tietomallien yhteentoimivuutta rajoittavat ohjelmistojen ja käytössä olevien tietomuotojen erilaisuus. Rakennettujen ympäristöjen tietomallipaletti onkin jo hahmottuvassa, mutta useat sen osat ovat vielä auttamattomasti arkikäytön ulottumattomissa. Kehitystä nykyistä saumattomampaa tietovarantojen yhteentoimivuutta kohti tapahtuu kuitenkin jatkuvasti.

Kaupunkisuunnittelun kannalta mielenkiintoisin esitellyistä standardeista on CityGML, joka voisi tulevaisuudessa toimia yhdyskuntasuunnittelun kaupunkimallien tiedonhallin-

nan perustana. CityGML:n ja IFC:n yhteentoimivuuden eteen on viime vuosina tehty paljon töitä ja poliittinenkin tahto CityGML:n käyttöön otolle on olemassa. Toistaiseksi CityGML:n vaatimaton ohjelmistotuki rajoittaa peruskäyttäjien tutustumista sen käyttöön. CityGML:n saaminen viranomaiskäyttöön voisi edistää rakennetun ympäristön tietovarantojen yhteentoimivuutta merkittävästi, koska käytännössä se muodostaisi ensimmäisen ohjelmistoriippumattoman alustan useiden rakennetun ympäristön mittakaavan kolmiulotteisten tietojen yhdistelylle.

Rakentamisen mallintavan suunnittelun ja paikkatiedon välimaastoon sijoittuvan infra-suunnittelun tiedonhallinta elää nopeaa kehityskautta ja on aikaista sanoa millaiseksi alan standardisto tulevaisuudessa muotoutuu. Tämän hetken käytetyin standardi alalla on LandXML, Suomessa Inframodel, jolle monet povaavat lyhyttä tulevaisuutta, koska rakennetun ympäristön standardien mahtijärjestöt BuildingSMART ja OGC, eivät varsinaisesti kannata LandXML:n kehittämistä sellaisenaan. Tulevaisuudessa LandXML:n saattaakin syrjäyttää IFC:n ja InfraGML:n yhdistelmä, mutta tämän kehityksen aikataulusta tai edes toteutumisesta ei vielä ole lopullista varmuutta. LandXML:n mahdollisen korvautumisen muihin rakennetun ympäristön standardeihin paremmin integroituvaksi suunnitellulla järjestelyllä olisi varmasti yhteentoimivuutta edistävä tekijä, mutta vain aika näyttää kuinka syvälle jo nyt käytössä oleva standardi odotellessa juurtuu, ja seuraako vieroittumisesta ongelmia.

Suosituille KML-standardille ei virallisissa yhteyksissä vaikuta kaavaillun suurtakaan roolia aluetiedonhallinnassa. Suositusta SketchUp-ohjelmasta tuttu KML on kuitenkin monenlaisessa ad hoc -tiedonsiirrossa erittäin yleisesti käytetty standardi. KML:n avulla siirtyvät niin luonnostelumallit ohjelmasta toiseen kuin reittitiedot puhelimesta kartalle. Laajan käytön ja ohjelmistotuen vuoksi onkin helppoa kuvitella, että KML voisi vähintään toimia siltana muiden alueidenkäytön tiedonhallinnan standardien välillä.

Luonnollisesti myös edellisessä luvussa 2.4 esitelty IFC on yksi aluetiedon tietomallistandardeista. Tässä luvussa esiteltäisiin standardeihin verrattuna IFC:n paikkatieto-ominaisuudet ovat vaatimattomat, mutta sen laaja käyttö rakennusten ja taitorakenteiden mallintamisessa tarkoittaa, että IFC-muotoista tietoa olisi pystyttävä tuomaan myös aluemalleihin. On kuitenkin kyseenalaista kuinka laajasti IFC:n geometriatietoa tullaan esimerkiksi kaupunkimalleissa käyttämään, koska IFC-mallit ovat tavallisesti geometrialtaan liian rikkaita aluemallien osiksi.

Tällä hetkellä ”alueen tietomalleja” muistuttavia kokonaisuuksia esiintyy ainoastaan monia sekalaisia tietomuotoja lukevien yksittäisten ohjelmistojen sisällä. Yhteentoimiva, eteenpäin yhteensopiva ja arkistokelpoinen ”alueen tietomalli” voisi olla yhdistelmä tässä kappaleessa esitellyissä tietomudoissa olevista tietovarannoista kerättyinä yhteen niitä tukevassa sovelluksessa. Tällainen ”alueen tietomalli” mahdollista toteuttaa käyttökelpoisesti vasta kun kattava standardeista on saatu arkikäyttöön. Osittain tilannetta voi verrata IFC:n alkutaipaleeseen, jonka aikana monet näkivät että sen käyttöönotosta olisi hyötyä, mutta kukaan ei osannut ennustaa kauanko siihen kuluisi aikaa, eikä oikeastaan sitäkään miten IFC:tä vakiinnuttuaan käytetään. Toki kollaasimaisen ”alueen tietomallin” kehittymisen tulee olemaan paljon yksittäistä standardia monipolvisempi tapahtumaketju.

## 2.6 Virtuaaliympäristöt

Kutsun todellisista ympäristöistä tehtyjä, käyttäjän ohjattavissa olevia, kolmiulotteisia esityksiä yleisesti *virtuaaliympäristöiksi*, erotuksena käsitteistä *virtuaalimaailma* ja *virtuaalimalli*, joilla on enemmän tai vähemmän vakiintuneet suppeammat merkitykset.

Käsiteellä virtuaalimaailma tarkoitetaan tavallisimmin tietoverkossa toimivaa, monen käyttäjän kolmiulotteista simulaatiopeliä, jossa käyttäjien on mahdollista kommunikoida keskenään monin tavoin sekä suorittaa peliympäristöä muokkaavia toimenpiteitä. Jotkut virtuaalimaailmat ovat niin kutsuttuja hyötypoleja, joilla on selkeä funktio tosimaailmassa. Hyötypelin tarkoitus voi olla esimerkiksi opetuksellinen tai muulla tavoin osallistava. Virtuaalimaailmoja onkin mm. hyödynnetty ammattiopetuksessa sekä käytetty etäkokousympäristöinä ja virtuaalikampuksina. Luultavasti tunnetuin virtuaalimaailma on vuonna 2003 avattu Second Life ([Harrison, 2009](#)), joka on Linden Research Inc:n ([Linden Lab, 2015](#)) omistama ja hallinnoima ympäristö. ([Lappalainen Y., 2013](#); [Wikikirjasto, 2015](#))



Virtuaalimalli on suhteellisen vähäisesti käytetty termi, jonka merkityksessäkin on ollut melko runsaasti vaihtelua. Parhailaan sen käyttö on jokseenkin trendikästä kaupunkimallinnuksen parissa. Tässä tuoreessa merkityksessä virtuaalimalli yleensä tarkoittaa vuorovaikutusominaisuuksiltaan vähäistä verkkoselaimessa toimivaa kaupunkimallia, jota käyttäjä voi tutkia lintuperspektiivistä pyörittelemällä tai kulkemalla mallissa lentäen tai kävellen. Virtuaalimalli voi myös olla rikastettu ympäristöön liittyvillä tiedoilla, mutta ympäristön muokkaaminen tai muiden käyttäjien kohtaaminen ei virtuaalimallissa tyypillisesti ole mahdollista. Osa kaupunkimallinnusohjelmistoista mahdollistaa juuri tällaisten virtuaalimallien tuottamisen ja julkaisun, yleensä ohjelmistovalmistajan ylläpitämässä verkkopalvelussa ([Esri, 2015 ja 2016](#); [Vianova 2015](#); [Viasys 2016a ja 2016b](#)). Toisinaan virtuaalimallilla viitataan myös erityisesti virtuaalilaseilla tarkasteltaviksi tarkoitettuihin esityksiin, mutta tässä tutkimuksessa käsitettä ei käytetä siinä merkityksessä.



Rajatapauksia virtuaaliympäristöistä ovat myös kolmiulotteiset karttapalvelut ja maapalloselaimet, kuten MapGets ja Google Earth. Luonteeltaan ne muistuttavat hieman edellä tarkoitettuja virtuaalimalleja siinä, että käyttäjä liikkuu niissä tavallisesti yksin. Myös käyttäjän mahdollisuudet muokata ympäristöä ovat virtuaalimaailmoja rajallisemmat, joskin toisinaan käyttäjillä on mahdollisuus luoda tai tuoda ympäristöön omia sisältöjä. Tämän tutkimuksen tarkastelusta kolmiulotteiset karttapalvelut ja maapalloselaimet on pääsääntöisesti rajattu ulos koska niiden sisällöt eivät ole tarkkuudeltaan tai visuaaliselta näyttävyydeltään aluemalleilta tavoitellulla tasolla.

Erillisten virtuaalimaailma- ja -mallisovellusten lisäksi myös pelimoottorien käyttö virtuaaliympäristöjen tuotannossa on lisääntynyt. Pelimoottorit auttavat useista lähteistä tulevien aineistojen yhdistämisessä, sisältävät työkaluja ympäristön toiminnallisuuksien kehittämiseen sekä saattavat tarjota julkaisukanavan ja mahdollistaa viennin verkkoselainyhteensopiviin muotoihin. Toistaiseksi sisällöntuottaminen pelimoottorien avulla kuitenkin vaatii tavanomaisen mallinnusosaamisen ulkopuolisia taitoja.

Mahdollisuudet toteuttaa virtuaaliympäristöjä ovat 10-luvulla kasvaneet vauhdilla. Kehitystä edesauttavia tekijöitä ovat olleet tietokoneiden suorituskyvyn kasvu, verkkoyhteyksien nopeutuminen, mallinnustyökalujen kehittyminen ja niiden käytön osaamisen yleistymisen, tietovarantojen avaamisen sekä kolmiulotteisten sisältöjen esittämisen mahdollistuminen verkkoselaimissa.

### 2.6.1 Kaupunkien virtuaalimallit



Kaupunkiympäristöjen kolmiulotteinen mallintaminen ei ole uutta, mutta kaupunkimallien määrätietoinen julkaiseminen virtuaalimalleina verkossa on. Virtuaalimallien tietosisältöjen ja vuorovaikutusominaisuuksien ollessa vähäiset, ne ovat monessa mielessä analogisia fyysisille malleille. Tämän tutkimuksen esitystavoista virtuaalimallit ovat lähimpänä perinteisiä pienoismalleja.

Vertailuun fyysisten mallien kanssa liittyy mielipidekysymyksiä, vaikkapa siitä mikä esitystapa on havainnollisin tai tiettyyn tarkoitukseen sopivin. Tällainen vertailu on osa laajempaa työtapojen muutokseen liittyvää keskustelua, johon tässä tutkimuksessa ei ole tarkoitus ottaa kantaa.

Kenties se, että malleja on alettu julkaista verkossa voi kuitenkin selkeyttää eroa virtuaalimallien ja fyysisten mallien ja niiden käytettävyyden välillä. Digitaalisten sisältöjen usein mainittuja etuja fyysisiin objekteihin verrattuna ovat lisääntynyt muokattavuus ja helppo monistettavuus. Niitä tärkeämpi hyöty kuitenkin on mahdollisuus julkaista sisältö verkossa, koska se parantaa tiedon saavutettavuutta merkittävästi. Tästä syystä juuri verkkojulkaisemisen helpottumisen voi olettaa johtavan virtuaalimallien hyödyntämisen lisääntymiseen, vaikka ne koettaisiin fyysisiä malleja vähemmän vaikuttavina tai kömpelömpinä käyttää.

Viime aikoina kaupunki- ja infrasuunnittelun ohjelmistojen valmistajat ovat alkaneet tarjota mallien julkaisun mahdollistavia verkkopalveluita. Suomessa erityisesti kuntasektorilla on kokeiltu alettu kokeilemaan virtuaalimallien tuottamista ja julkaisua. Valtaosa, ellei kaikki kokeilujen tuloksina julkaistuista virtuaalimalleista on julkaistua ohjelmistovalmistajien tarjoamissa verkkopalveluissa, ja vaikuttaakin siltä että meneillään oleva pienehkö virtuaalimallikuume liittyy juuri näiden verkkopalveluiden ilmaantumiseen markkinoille.

## 2.6.2 Perinteiset virtuaalimaailmat

Perinteiset virtuaalimaailmat ovat simulaatiotyyppisiä monen pelaajan tietokonepelejä, joiden päätoiminallisuudet ovat peliympäristön muokkaus ja vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa. Tyypillisessä toteutuksessa virtuaalimaailman data on tallennettuna keskitetylle palvelimelle johon käyttäjät ottavat yhteyden asentamansa asiakasohjelman välityksellä. Palvelin tarjoaa myös ympäristön pelilliset perusominaisuudet, kuten teksti- ja ääniviestinnän käyttäjien välillä sekä valikoiman ympäristön kohteisiin liitettävissä olevia valmiiksi ohjelmoituja toiminnallisuuksia. Käyttäjien asentama asiakasohjelma puolestaan mahdollistaa monen käyttäjän yhtäaikaisen toiminnan samassa virtuaaliympäristössä. Tällaiselle tietoarkkitehtuurille perustuu esimerkiksi tunnettu Second Life virtuaalimaailma.

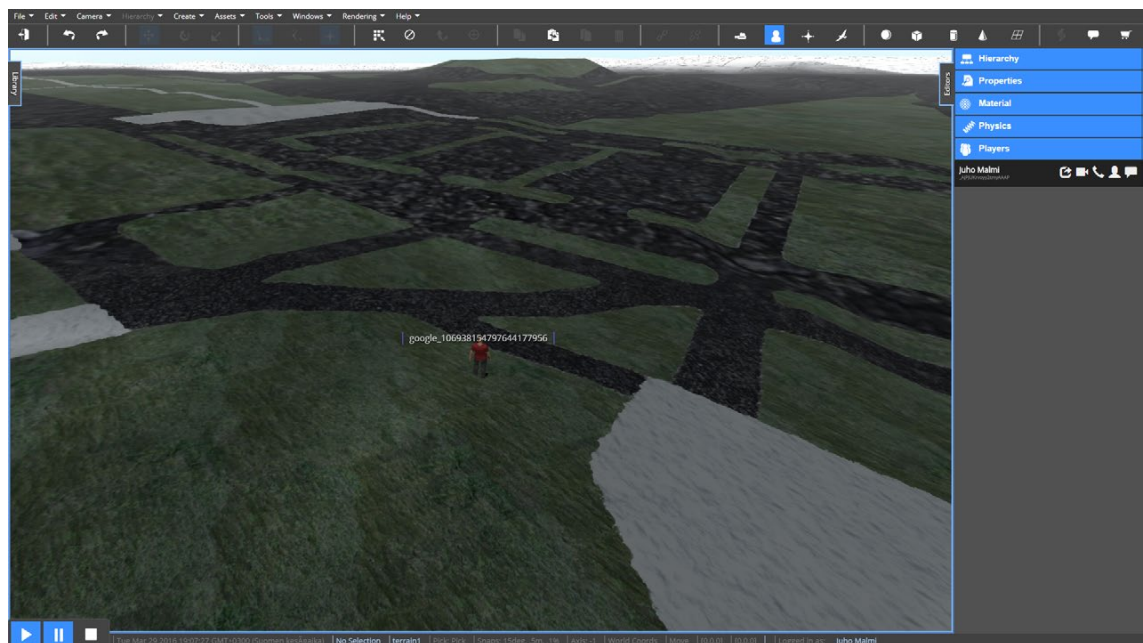
Virtuaalimaailmoja on ollut olemassa ainakin 1990-luvulta lähtien, ja vuonna 2003 julkaistu Second Lifekin on jo yli kymmenen vuotta vanha. Huvikäytön lisäksi virtuaalimaailmoja on perinteisesti hyödynnetty kokous- ja oppimisympäristöinä. Monet oppilaitokset, myös suomalaiset, ovat luultavasti markkinointitarkoituksessa perustaneet Second Lifeen tai sen kanssa yhteensopivaan OpenSimulatoriin oman virtuaalikampuksen. Virtuaalimaailmojen käytön tutkimus on keskittynyt lähinnä opetuskäyttöön. ([Lappalainen, 2013](#); [Surakka 2012](#))

Vaikka Second Life on pitkään ollut virtuaalimaailmoista käytetyin, se ei ole ainoa. Esimerkiksi vuonna 2012 julkaistussa konferenssipaperissa Teemu Surakka tutki 26:ta opetuskäyttöön soveltuvaksi katsomaansa virtuaalimaailma-alustaa. Joidenkin mielestä virtuaalimaailmojen 2000-luvun alussa alkanut kultakausi näyttää jo olevan takanapäin.

Onkin totta, että ainakin suosituissa Second Lifessa on nähtävissä hiipumisen merkkejä. Silti on vaikea sanoa onko virtuaalimaailmojen kokonaiskäyttö todella vähenemässä, sillä kuten Surakankin kirjoituksessa todetaan, Second Lifelle on ilmaantunut useita mantelinperijöitä, joista useat ovat avoimen lähdekoodin ohjelmia. Ainakin osan keskeisistä käyttäjistä, esimerkiksi oppilaitoksista, sanotaan jättäneen Second Lifen käyttökustannusten vuoksi ja siirtyneen käyttämään jotain avoimista vaihtoehtoista.

Samaan aikaan myös vielä jokseenkin kypsytön sukupolvi verkkoselaimissa toimivia virtuaalimaailmoja nähdään uutena mahdollisuutena käytön yleistymiselle. Vuonna 2013 valmistuneessa Tampereen yliopiston tutkimusraportissa *Retki maailmojen rajoille: Avoimen lähdekoodin virtuaalimaailmoja vertailemassa* vertailtiin viittä virtuaalimaailma-alustaa (Lappalainen, 2013) Surakan menetelmällä. Yksi vertailussa mukana olleista alustoista oli alkujaan Suomessa kehitetty realXtend, jolla toteutetut virtuaalimaailmat ovat käytettävissä myös verkkoselaimella. RealXtend-alustalle on sittemmin toteutettu ainakin Meshmoon-verkkopalvelu, johon käyttäjät voivat rakentaa omia virtuaalimaailmojaan, joiden ylläpito on maksutonta alhaisilla sisällön ja yhtäaikaisten käyttäjien määrillä.

Kohta myös selainpohjaisia virtuaalimaailma-alustoja ja -palveluita lienee löydettävissä viljalti. Esimerkiksi Yhdysvaltain puolustusministeriö (DoD) on kehittänyt Virtual World Framework -nimisen täysin selainpohjaisen avoimen lähdekoodin virtuaalimaailma-alustan. Alustaa hyödyntävää kaupallista ylläpitopalvelua ei kuitenkaan vielä liene olemassa, mutta DoD ylläpitää Virtual World Sandbox -hiekkalaatikkoprojektia, jossa alustan käytettävyyttä voi testata ilman tarvetta oman palvelimen pystyttämiseen. Virtual World Sandbox myöskin sisältää jo niin runsaan valikoiman ympäristön muokkaamiseen tarkoitettuja työkaluja, että sitä voisi yhtä hyvin pitää pelimootorina kuin virtuaalimaailma-alustana.



Kuvakaappaus Virtual World Sandbox-ohjelmasta. Kuvassa Tampereen teknillisen yliopiston kampuksen parkkipaikkaa, jonka tilalla nyt on Kampusareena. Kuvasta näkee ettei VWS:n maanpinnan yksityiskohtaisuus riitä rakennettujen ympäristöjen mallintamiseen. Maanpinnan geometria tuodaan ohjelmaan korkeuskarttana, joka on harmaasävykuvatiedosto.

### 2.6.3 Pelimoottorit ja virtuaaliympäristöt

Pelimoottorilla tarkoitetaan tietokonepelien tekemiseen tarkoitettua ohjelmistokehystä. Alkujaan pelimoottorit ovat olleet erilaisia kokoelmia pelien ohjelmoinnissa hyödyllisiä ohjelmointikirjastoja. Nykyaikaiset pelimoottorit taas ovat monipuolisia graafisella käyttöliittymällä varustettuja kehitystyökaluja, joiden käytössä ohjelmointi ei aina edes ole pääosassa. Joidenkin pelimoottoreiden markkinoinnissa jopa esitetään pelien rakentamisen olevan mahdollista ilman ohjelmointiosaamista (Epic, 2016).

Nykyaikaisilla pelimoottoreilla mahdollista saavuttaa virtuaalimalleja ja -maailmoja korkeampi visuaalinen näyttävyys ja laajempi toiminnallisuus. Toisaalta pelimoottoreiden käytön aloittamisen oppimiskäyrä on myös vastaavasti jyrkempi ja osa virtuaalimaailma-alustojen tarjoamista oletustoiminnoista voi olla kehitettävä itse. Koska joitain pelimoottoreita on kehitetty yhä paremmin sopimaan kolmiulotteisten simulaatiopelien tekemiseen, saattaa niiden toiminnallisuusvalikoimasta löytyä virtuaalimaailmojen rakentamiseen tarvittavat toiminnallisuudet valmiinakin. Ohjelmointia hyvin osaavalle sopiva pelimoottori tarjoaa ilman muuta virtuaalimalleja ja -maailmoja vapaamman lähtökohdan erilaisten sovellusten toteuttamiseen. Kuten jotkin virtuaalimaailma-alustat, myös jotkin nykyaikaiset pelimoottorit mahdollistavat sisällön julkaisemisen tavallisilla verkkoselaimilla käytettäviksi sovelluksiksi.

Pelimoottorien kirjo on paljon suurempi kuin virtuaalimaailma-alustojen ja esimerkiksi englanninkielinen Wikipedia tuntee useita kymmeniä kolmiulotteisten pelien tekemiseen sopivia pelimoottoreita. Tulkinnanvaraisesta rajasta pelimoottorien ja virtuaalimaailma-alustojen välillä kertoo se, että Wikipedian kahdelta eri pelimoottorilistalta löytyy eri virtuaalimaailma-alustoja.

### 2.6.4 Virtuaaliympäristöt aluetiedon hallinnassa

Virtuaaliympäristöjä tuotetaan ainakin edeltävässä kolmessa luvussa kuvatuin keinoin – julkaisemalla kaupunkimalleja mallinnusohjelmien tarjoamilla työkaluilla ohjelmistovalmistajien verkkopalveluissa sekä hyödyntämällä virtuaalimaailma-alustoja todellisten tai pelimoottoreita todellisten ympäristöjen esittämisessä.

Virtuaaliympäristön toteutustavan valinta on monisäikeinen kysymys, jossa valintaan vaikuttavat esimerkiksi: saavutettavuus, helppokäyttöisyys, vaaditut toiminnallisuudet, toteutuksen tekninen haastavuus, lopputuloksen visuaalinen näyttävyys ja toisinaan jopa virtuaaliympäristö-alustan käyttäjäyhteisö.

Alueidenkäytön tiedonhallinnassa virtuaaliympäristöjä käytetään lähinnä viestintäkanavana ja siksi saavutettavuuden luultavasti ohjaa virtuaaliympäristön toteutustavan valintaa. Koska verkkoselaimessa toimivat sovellukset ovat ensikäytössä perinteisiä sovelluksia saavutettavampia, on luultavaa että ainakin osallistavuutta vaativat käyttötarkoitukset tulevat suosimaan selainsovelluksia.

Toisinaan kuitenkin sopiva kohderyhmän ja virtuaaliympäristöalustan yhdistelmä voi oh-



jata toteutuksen valintaa. Näin on esimerkiksi Hämeenlinnan Kantolan ja Katuman alueiden Modaa kaupunki mieleiseksi -"kaupunkisimulaatiokilpailussa", jonka alustaksi valittiin Cities Skylines -peli. Hämeenlinnan kokeilu on luultavasti ensimmäinen vakavasti otettava esimerkki pelillisestä osallistavasta alueidenkäytön suunnittelusta. Varsinaisesta joukkoistuksesta ei silti Hämeenlinnan esimerkin kohdalla voitane puhua, koska Cities Skylines lähtökohtaisesti yksinpeli. ([Hämeenlinnan kaupunki, 10.3.2016](#))

Vaikka virtuaaliympäristöjen hyödyntäminen alueidenkäytön suunnittelussa on toistaiseksi ollut vähäistä, mallintava suunnittelu, mittadatan yleistyminen, tietovarantojen avautuminen ja kolmiulotteisten sisältöjen verkkojulkaisemisen helpottuminen tukenevat virtuaaliympäristöjen yleistyvää käyttöä.

#### 2.5.4.1 Mihin virtuaaliympäristöjä voisi käyttää?

Ilmiselvä käyttötarkoitus virtuaaliympäristöille on vuorovaikutus osallistavassa alueidenkäytön suunnittelussa. Alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää moititaan usein siitä, että valitusoikeus on sen ainoa palautekanava (viite). Koska valitusoikeuden olemassa olo perustuu tarpeeseen suitsia mielivaltaista suunnittelua, sen poistaminen ei liene tavoiteltavaa, vaan ennemminkin rinnalle pitäisi saada muita neutraaleja vaikutuskanavia, joiden kautta mielipiteiden kokonaiskirjo selviäisi nykyistä tehokkaammin. Neutraalin vaikuttamisen kanavien tulisi myös luultavasti olla virallista valitusprosessia kitkattomampia, koska yleisen mielipiteen keskivaiheilla motivaatio mielipiteen ilmaisemiseen on vähäistä. Hyvin toteutetut virtuaaliympäristöt voisivat muodostaa yhden tavan kerätä ja tutkia näkökulmia monipuolisesti.

Keskustelu saattaisi käynnistyä jo ympäristön monipuolisen kommentoinnin mahdollistavalla toiminnallisuudella. Tekstimuotoisten kommenttien lisäksi ympäristön kohtiin ja kohteisiin voisi vaikkapa olla liitettävissä monenlaista muutakin mediasisältöä, kuten kuvia, ääntä ja videota. Konkreettisten ehdotusten tekemiseksi ympäristössä voisi olla käyttäjä- ja käyttäjäryhmäkohtaiset muokkaustasot, jotka mahdollistaisivat rinnakkaisten ehdotusten olemassa olon. Lisäksi olisi hyvä jos virtuaaliympäristössä käytävää keskustelua olisi mahdollista seurata ja kommentoida myös ympäristön ulkopuolella, esimerkiksi mahdollistamalla syötteiden lähettäminen ympäristöstä muuhun mediaan ja päinvastoin.

#### 2.5.4.2 Mihin suuntaan virtuaaliympäristöt kehittyvät?

Toistaiseksi virtuaaliympäristöjen toteuttaminen vaatii erityisiä ponnisteluja ja jonkin melko marginaalisen virtuaaliympäristöalustan valitsemista. Onkin hyvä kysymys voisivatko virtuaaliympäristöt lopulta yleistyä kuin varkein, kuten digitaaliteknologian kehityksessä usein käy, kun pitkään haaveiltu asia muuttuu asteittain ja huomaamatta osaksi arkielämässä olevia sovelluksia. Esimerkiksi mahdollisesta kehityskulusta voisi ottaa vaikka Google Earth -ohjelman, jossa jo nyt voi siirtyä maanpinnalle outojen fotogrammetrian tuottamien rakennus- ja kasvihilviöiden sekaan vaeltelemaan. Milloin Google Earth siirtyy pysyvästi verkkoselaimen sisään verkkopalveluksi? Entä milloin voit halutessasi kohdata siellä muita käyttäjiä, tai lisätä ympäristöön omaa toiminnallista sisältöäsi?

## 2.7 Yhteenveto aluetiedon hallinnasta nyt ja lähitulevaisuudessa

Luultavasti merkittävä osa aluetiedon tuotannon työkaluista tulee säilymään nykyisen kaltaisina ohjelmavalmistajien toimittamina omisteisina ohjelmistoina näköpiirissä olevaan tulevaisuuteen. Näiden työkalujen avulla tuotetaan tai vähintään työstetään julkaisukuntoon suurin osa alueidenkäytön tietomassasta.

Tietoverkkojen mahdollistama tietovarantojen vaivaton jakaminen ja hyvin käynnistynyt tietovarantojen avaaminen parantaa tilannekuvan ylläpidettävyyttä kaikille. Tämä kehitys on jo varmasti johtanut moniin keskusteluihin siitä, miten tietovarantojen yhteentoimivuutta voitaisiin tehostaa.

Yksi keskustelun näkökulmista on, tehdäänkö aluetietojen tuotannossa nykyään sellaista päällekkäistä työtä, josta olisi mahdollista luopua. Toinen näkökulma on mahdollisuus tiedonkeruun joukkoistamiseen. Ensimmäinen askel tiedonkeruun joukkoistamisessa voisikin olla viranomaisten toteuttaman tiedonkeruun vastuiden hajauttaminen, joka voisi liittyä edellisessä näkökulmassa tunnistettuihin päällekkäiseen työhön. Viranomaisten tiedonkeruun vastuiden hajauttamista radikaalimpaa olisi luonnollisesti aito joukkoistaminen, jossa kuka tahansa riittävän motivoitunut vapaaehtoinen voisi toimia datan tuottajana. Yksinkertaisimmillaan joukkojen keräämä data voi olla ympäristöstä tehtyjä havaintoja tai siihen ympäristöön liittyviä ajatuksia, mutta keräämisen välineinä voisi käyttää vaikkapa vapaaehtoisten omia älypuhelimia.

Myönnettävästi ajatus tuntuu radikaalilta, mutta ehkei se kuitenkaan ole ihan niin mahdoton kuin ensi vaikutelma antaisi ymmärtää, eikä toteutustakaan ole olisi välttämätöntä lähteä valmistelemaan puhtaalta pöydältä. Todellisuudessa monia ympäristön seurannan tietoja tuotetaan jo nyt kansalaisjärjestöjen voimin, ja siihen osallistuvat voisivat muodostaa luontevia testiryhmiä myös laajempaan käyttöön kaavailluille tiedonkeruuratkaisuille. Joukkoistetusta havainnoinnista ja mielipiteiden keruusta taas on toteutettu esimerkkejä SADe-ohjelmassa.

Vaikka tiedon saavutettavuuden parantuminen auttaa ammattilaisia tekemään työnsä paremmin, suurissa tietovarannoissa tosin piilee myös riski. Kun tietoa ja tietolähteitä on liian paljon hahmotettavaksi, pitää tiedon olla erityisen hyvin jäsenneltyä, jottei oleellisten tiedonmurusten hakeminen muutu neulan etsimiseksi heinäsuovasta.

Tiedon avaamisen palon ohella tiedonhallinnassa kytee myös keskustelu työvälineinä käytettävien ohjelmien avoimuudesta. Keskustelun taustalla on ohjelmia käyttävien organisaatioiden huoli toimittajaloukuista. Useimmat käyttäjäorganisaatiot ovat luultavasti tilanteessa, jossa ainakin jotkin organisaation keskeisistä tietojärjestelmistä ovat omisteisia ohjelmistoja, jotka on hankittu ilman luopumissuunnittelua. Osa järjestelmistä on jo elinkaarensa päässä ja niiden käyttövyys on laskenut tuottavuutta alentavalle tasolle. Tällaisten järjestelmien ylläpito voi olla kallista ja toimittaja haluton osallistumaan luopumisjärjestelyihin, koska heille tekohengitys on tuottavaa. Samalla voi kuitenkin olla, että järjestelmän toimittaja on ainoa, jolla on lailliset ja tekniset valmiudet toteuttaa luopumisen vaatimat toimet tehokkaasti. Avoin lähdekoodi auttaisi koska, luopumisen mahdollis-

tavat ominaisuudet voisi teoriassa ohjelmoida kuka hyvänsä.

Keskustelussa olisi kuitenkin tärkeää huomata, että järjestelmän hankinnan aikainen luopumissuunnittelu on vähintään yhtä tärkeää luopumisen onnistumisen varmistamiseksi kuin avoimen lähdekoodin ratkaisun vaatiminen.

Siinä missä käyttäjäorganisaatiot pelkäävät uusia toimittajaloukkuja, kavahtavat toimittajat avoimen lähdekoodin mahdollisia markkinavaikutuksia. Hyvä esimerkki suhtautumisesta on paikkatietoalan yritysten etujärjestön Suomen Paikkatietoklusterin kannanotto julkisen sektorin Inspire-työn tuloksena syntyneeseen Oskari.org-karttapalvelu ohjelmissiin.

”Miten yritykset hyötyvät Oskari-yhteistyöstä?

Oskarin kehittämiseen on kilpailutettu ohjelmoijaresursseja usean vuoden aikana. Sellaiset yritykset, joiden liiketoiminta perustuu henkilötöiden myyntiin, saavat näistä toimeksiannoista liikevaihtoa lähinnä tuntiveloituksen pohjalta. Sen sijaan yritysten oman tietotaidon ja tuoteratkaisuiden kehittyminen on tällaisessa liiketoiminnassa vähäistä. Itse asiassa henkilötöitä tarjoavien yritysten liiketulos paranee kun henkilötöitä tilataan mahdollisimman paljon. Yrityksillä ei siis ole juurikaan mielenkiintoa kehittää itse työn tuottavuutta. Vastuu lopputuloksen laadusta jää pääasiassa tilaajalle.

Miksi Oskari kilpailee yritysten tarjonnan kanssa?

Maanmittauslaitos markkinoi aktiivisesti Oskari-ohjelmistoa ja sillä tuotettuja palveluja varsinkin julkisen sektorin toimijoille sekä Suomessa että Euroopassa. Markkinointia varten on toteutettu mm. Paikkatietoikkuna-niminen verkkopalvelu, jossa yhdistyy Maanmittauslaitoksen viranomaistehtävien tiedotustoimintaa sekä viranomaistehtävien ulkopuolista palvelutarjontaa. Verkkopalvelu antaa hyvin laajan mielikuvan Oskarin toiminnallisuudesta. Ohjelmistoa markkinoidaan aktiivisesti myös muilla web-medioilla. On varsin erikoista, että viranomainen tuo näin aktiivisesti esille oman viranomaistehtävänsä ulkopuolista, yritysten tarjoaman kanssa kilpailevaa palvelutarjontaa ja pyrkii rajoittamaan vapaiden markkinoiden kehittymistä. Useissa julkisen sektorin hankkeissa, mm. SAdE-ohjelmassa, Oskari-ohjelmisto otettiin käyttöön ilman kilpailutusta tai vertailua. Maanmittauslaitoksen edustajat toimivat julkisen sektorin hankkeiden teknologian kehityksen asiantuntijoina ja samalla markkinoivat omaa ratkaisuaan. Kilpailuneutraliteetin kannalta toiminta on vähintäänkin arveluttavaa.” ([Suomen Paikkatietoklusteri, 30.10.2015](#))

Mielipiteistä huolimatta aluetiedon tuotannon työkalut pysyivät pääosin omisteisina ohjelmistoina nähtävissä olevaan tulevaisuuteen. Tiedonhallinnan ja jakelun työkaluissa avoimilla ohjelmistoilla sen sijaan on Oskarin kautta, jonkin verran jalansijaa, mutta niiden kehittyminen ja vakiintuminen riippuu käyttöönoton innokkuudesta. Tavallaan keskustelun kuumeneminen toimittajaloukkujen ympärillä on harmillistakin koska se vie huomiota työkaluja tärkeämmältä lyhyen tähtäimen tavoitteelta, eli tiedon yhteentoimivuuden parantamiselta.

Vaikka juuri nyt aluetiedon kokonaisuus vaikuttaa jokseenkin sekavalta ja keskustelu ohjelmistojen hankinnasta on kovenemaan päin, on tiedon saavutettavuus ja yhteentoimivuus silti parantunut huomattavasti melko lyhyessä ajassa. Ehkä lähiaikoina myös rakennusten ja infran tietomallit saadaan toimimaan yhteen muun aluetiedon kanssa, ja kaupunkimallinnus lähtee standardoitumaan vauhdilla.

# 3 Analyysi suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tuloksena syntyneen suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän prosessimalli aloittaen mallinnustarpeen synnystä, valitusta mallinnustekniikasta ja työn lähtötietoina käytetyistä aineistoista. Lopuksi esitetään mallinnuksen perusteella tehdyt havainnot, tarkastellaan kriittisesti mallinnuksen hyödyllisyyttä sekä esitetään työn aikana ja sen päätteeksi syntyneet ajatukset tutkimusmenetelmän kehittämisestä ja mahdollisista jatkotutkimussuunnista.

## 3.1 Prosessimallinnuksen taustat, menetelmä ja aineisto

Tarve laatia prosessikuvaus suomalaisesta alueidenkäytönhallinnasta syntyi PRE-ohjelman BIMCity-työpaketissa, tutkittiin paikkatietoaineistojen ja rakennustentietomallien yhdistämistä kaupunkien tai alueiden tietomalleiksi. Prosessikartan laatiminen nähtiin keinona tarkastella maankäytönhallintaa kokonaisuutena ja hahmottaa minkälaista tietoa kokonaisuuden kullakin tasolla tuotetaan ja käytetään. Itseasiassa alueidenkäytön prosesseja kuvattiin BIMCityssä määrätietoisesti ainakin kahdella eri kuvauskielellä. Tässä työssä esitellään alueidenkäytön hallintajärjestelmästä tehdyn SADT-muotoisen prosessikuvauksen periaatteet ja tulokset. Toinen käytetty kuvaustapa oli BPMN. Prosessikuvauksien tarkoituksena oli auttaa tunnistamaan järjestelmästä kohtia, joissa alue- tai kaupunkimallien käyttöönotto on mahdollista ja joita se tukisi.

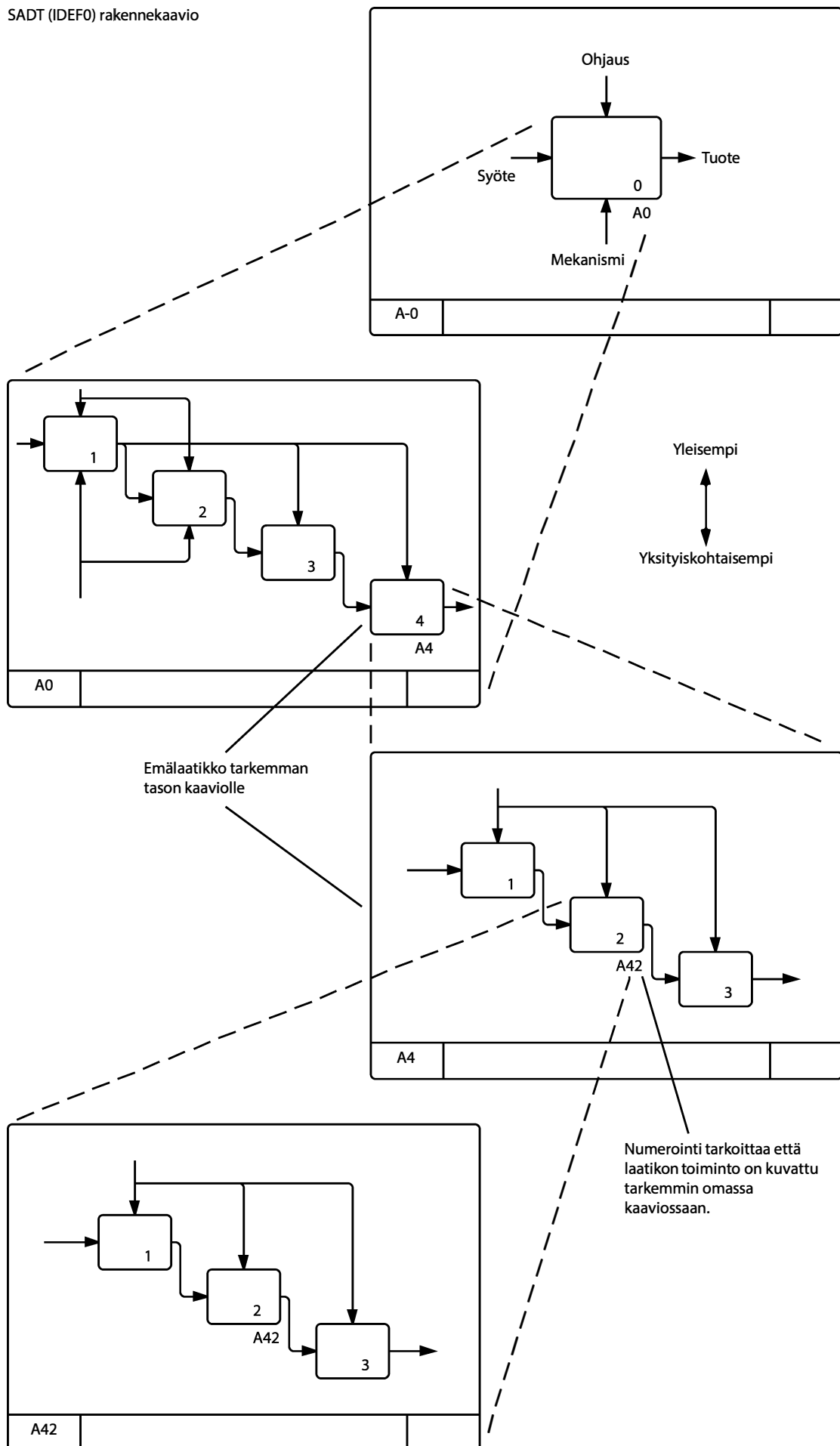
### 3.1.1 Prosessimallinnus olemassa olevien järjestelmien kuvaamisen työkaluna

Prosessimallinnus on muun muassa ohjelmistokehityksen ja järjestelmäsuunnittelun käyttämä suunnittelumenetelmä. Sen ensisijainen käyttötarkoitus on ohjelmistojen ja järjestelmien suunnittelu, mutta sitä on käytetty myös olemassa olevien järjestelmien kuvaamiseen ([Laitinen, 1998](#)). Olemassa olevien järjestelmien kuvaaminen prosessimallinnuksen keinoin on hyödyllistä silloin kun on tarkoitus selvittää järjestelmän rakenne muutosten suunnittelua varten. Järjestelmän mallintaminen voi paljastaa rakenteellisia heikkouksia joita korjaamalla, järjestelmä saataisiin toimimaan tehokkaammin. Sitä voidaan käyttää myös hienovaraisempana muutosten suunnitteluun, kuten uusien osaprosessien sijoittamiseen olemassa olevien rinnalle tai vain uusien syötteiden liittymäkohtien ja tuotteiden syntykohtien hahmottamiseen.

BIMCityssä oli tarve hahmottaa olevassa olevan alueidenkäytön hallintajärjestelmän rakenne, toiminta syötteet ja tuotteet, sekä tutkia kaupunkimallien integroitumista järjestelmään uusina syötteinä ja tuotteina.

### 3.1.2 Prosessimallinnustekniikan valinta

SADT:n valintaan tutkimuksessa käytetyksi prosessimallinnustekniikaksi johtivat kirjoittajan osaaminen ja tunnetut aiemmat esimerkit sen käytöstä olemassa olevien järjestelmien rakenteen kuvaamiseen ([esim. Laitinen, 1998](#)). Lisäksi VBLabin tutkijoiden keskuudessa SADT:n katsottiin soveltuvan BPMN:ää paremmin kerroksellisen järjestelmän hahmottamiseen kokonaisuutena.



### 3.1.2.1 SADT – Jäsennely analyysi- ja suunnittelumenetelmä

SADT on lyhenne sanoista *structured analysis and design technique*, vapaasti suomennettuna jäsennely analyysi- ja suunnittelumenetelmä. SADT määrittelee järjestelmäsuunnitteluun ja -analyysiin sopivan esitystavan järjestelmäkaavioille. SADT-esityksessä järjestelmä hajotetaan toisistaan riippuvaisiin toimintoihin ja niiden riippuvuussuhteet kuvataan. Kuvaustapa on jäsentävä, eli laajoista kokonaisuuksista pienempiin etenevä. SADT on osa IDEF-mallinnuskieliperhettä, jossa sen nimi on IDEF0 ([Wikipedia, 6.5.2012](#)).

### 3.1.2.2 IDEF-mallinnuskieliperhe

IDEF on vaihtelevasti joko lyhenne sanoista *ICAM definition tai integration definition*. Se on mallinnuskieliperhe, joka kattaa laajan kirjon järjestelmä- ja ohjelmistokehityksen mallinnustarpeita. Eri IDEF-määrittelyjen avulla on mahdollista mallintaa esimerkiksi toimintaa yleisesti (IDEF0), tietosisältöjä (IDEF1), tietokantoja (IDEF1X), liiketoimintaa tai päätöksentekoa (IDEF3), oliopohjaisia järjestelmiä (IDEF4) ja ontologioita (IDEF5). Alkuaan IDEF-perheen kehityksestä vastasi Yhdysvaltain ilmavoimat, mutta nykyisin paras lähde IDEF-määrittelyille vaikuttaa olevan perheen kielille mallinnusohjelmistoja valmistava Knowledge Based Systems Inc., jonka ylläpitämiltä [idef.com](#)-verkkosivuilta on vapaasti saatavissa kuusi ensimmäistä IDEF-määrittelyä ([Knowledge Based Systems, Inc., 2014](#)). Vuosina 1993–2008 IDEF0 ja IDEF1X olivat osa Yhdysvaltain hallinnon tietojenkäsittelyn FIPS-standardistoa, englanniksi Federal Information Processing Standards ([National Institute of Standards and Technology \[NIST\], 31.3.2014](#)). IDEF:n luultavasti tunnetuin määrittely, toimintojen mallinnuksen metodi IDEF0, englanniksi function modeling method, pohjautuu SADT:iin ([NIST, 21.12.1993](#)).

### 3.1.2.3 Tutkimuksessa käytetty SADT-variaatio

Tavallisesti SADT- tai IDEF0-esityksessä toimintojen otsikot ovat verbiin tukeutuvia komentoja, kuten ”aloita prosessi”. Tässä tutkimuksessa käytetään SADT-esityksestä hieman poikkeavaa tyyliä, jossa toimintojen otsikoina toimivat alueidenkäytön suunnittelujärjestelmän mukaiset kokonaisuudet kuten ”ympäristön seuranta”. Toimintoina on pääsääntöisesti käytetty alueidenkäytön suunnittelujärjestelmään liittyviä, jossain lähteessä erikseen nimettyjä kokonaisuuksia. Osa toiminnoista on kuitenkin jouduttu johtamaan tutkimusaineistosta ja ne on pyritty nimeämään kuvaavasti, hyödyntäen mahdollisuuksien mukaan alueidenkäytön suunnittelun vakiintunutta sanastoa.

## 3.1.2 Prosessimallinnuksen lähtötiedot

Alueidenkäytön hallintajärjestelmän kuvaamiseen käytettiin tietoa monista lähteistä. Kuvauksen perustasoksi valittiin MRL:n ja MRA:n kuvaama kokonaisuus, jota täydennettiin lain nimeämien viranomaisten kuvauksilla omista vastuualueistaan. Ympäristön seurannan osaprosessin nimeämisessä ja kuvauksessa käytettiin apuna lakia paikkatietoinfrastruktuurista.

### 3.1.2.1 Luettelo keskeisimmistä tietolähteistä

#### Laki- ja asetustekstit

- Maankäyttö- ja rakennuslaki
- Maankäyttö- ja rakennusasetus
- Laki paikkatietoinfrastruktuurista

#### Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu (ymparisto.fi)

- Maankäytön suunnittelujärjestelmän kuvaukset
- Ympäristön seurannan kuvaukset

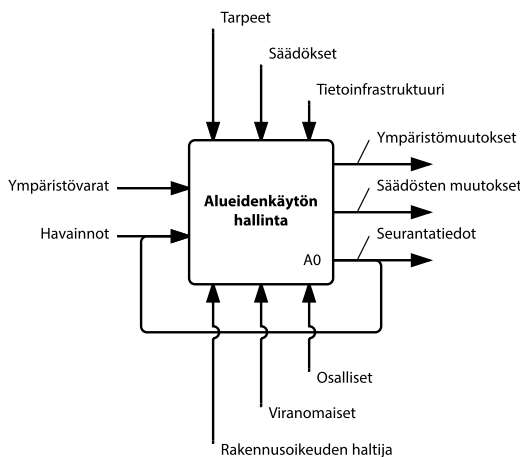
#### Aiheeseen liittyvät muut verkkosivut

- Maakuntien liittojen verkkosivut
- ELY-keskusten verkkosivut
- Kuntaliiton verkkosivut

#### Muita lähteitä

- Kansallinen paikkatietostrategia 2005–2010 (MMM, 2004)
- Sijainti yhdistää – Kansallinen paikkatietostrategia 2010–2015 (MMM, 2010)
- Ympäristön tilan seurannan strategia 2020 (YM, 2011)

## 3.2 Alueidenkäytön hallintajärjestelmän prosessimalli



Selvityksen tuloksena syntyneen kuvauksen mukaan alueidenkäytön hallintajärjestelmä hyödyntää uusia havaintoja ja tuottamiaan seurantatietoja tuottaakseen muutoksia ympäristöön ja joihinkin sen muuttamiseen liittyviin säädöksiin. Järjestelmän kolme pääprosessia ovat: ympäristön seuranta, alueidenkäytön suunnittelu sekä maankäyttö ja rakentaminen.

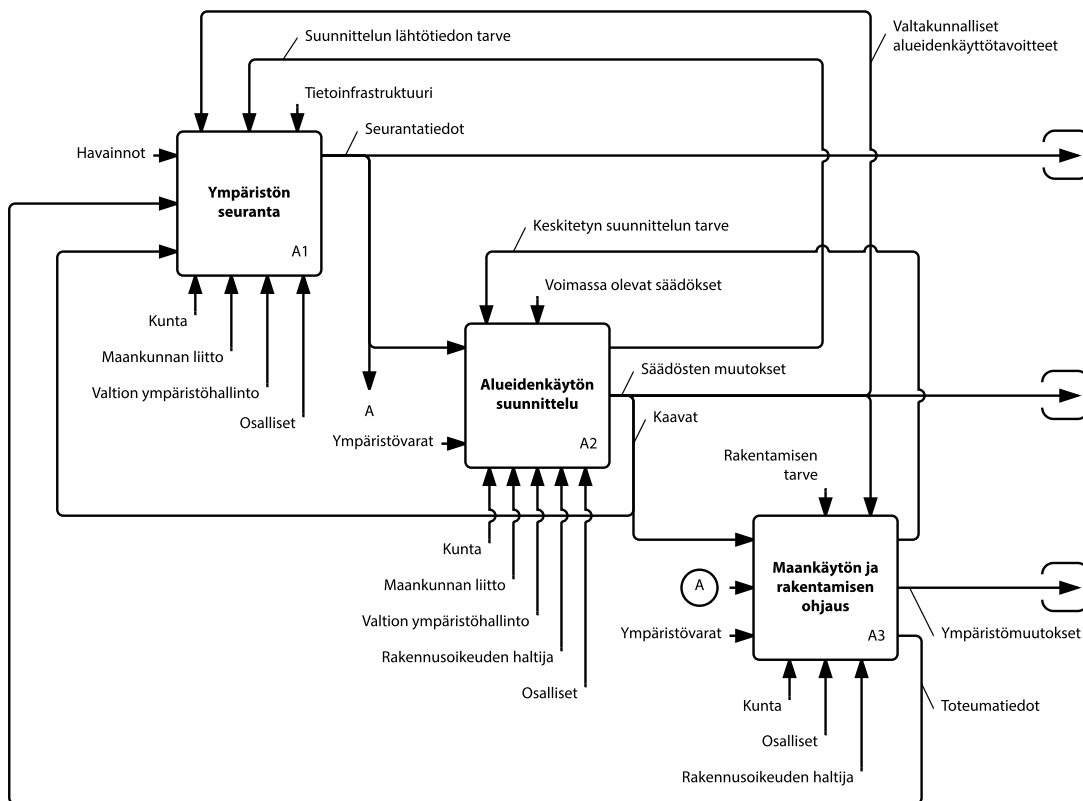
Ympäristön seuranta on jatkuva prosessi joka kerää järjestelmän kahden muun prosessin tuottamaa tietoa sekä hankkii

havaintoihin perustuvaa tietoa järjestelmän ulkopuolelta. Ympäristönseurannassa kerätyt tiedot päätyvät suureen määrään erilaisia, eri tahojen ylläpitämiä tietojärjestelmiä. Tarkimmat tiedot rakennetusta ympäristöstä syntyvät ja ylläpidetään pääosin kuntatasolla. Näistä tiedoista kunnat toimittavat määrämuotoisia yleistyksiä järjestelmän muille tasoille.

Alueidenkäytön suunnittelu sisältää valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden asettamisen ja kaikki kaavoituksen tasot. Se tuottaa maankäytön ja rakentamisen tarvitsemat alueidenkäytön suunnitelmat ja suuren osan niiden tausta-aineistoista. Alueidenkäytön suunnittelun tuottamat tiedot kuuluvat myös ympäristön seurannan keräämiin tietoihin.

Lisäksi alueidenkäytön suunnittelu tuottaa muutoksia alueidenkäytön säädöksiin, kuten rakennusjärjestykseen, ympäristönsuojelu-, ja jätehuoltomääräyksiin.

Maankäyttö ja rakentaminen toteuttavat alueidenkäytön suunnittelussa määritellyt muutoksia ympäristöön. Pääosin muutoksien toteutumista kontrolloi rakennusoikeuden omistajien halukkuus sijoittaa ympäristön muutoksiin.



Tutkimuksen tuloksena syntynyt alueidenkäytön hallintajärjestelmän malli on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

### 3.3 Havainnot alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminnasta

Liitteessä 1, kuvatus alueidenkäytön hallintajärjestelmän kuvauksen pääpiirteiden muotoututtua, yllättävin havainto oli, että järjestelmän perusrakenne oli melko helposti kuvattavissa prosessina, mikä tarkoittaa sen olevan järjestelmäsuunnittelun näkökulmasta toimiva rakenne. Yllätyksen suurin syy lienee se, ettei kukaan BIMCity-ryhmästä ollut säännöllisesti ollut työskennellyt järjestelmän ylätasolla eli päässyt hahmottamaan järjestelmää kokonaisuutena – ja oikeastaan on hieman kyseenalaista työskenteleekö kukaan. Ministeriöiden virkamiehet kyllä tarkkailevat työkseen järjestelmän toimintaa ja osallistuvat jopa sen hienosäätöön säädöksiä valmistelemalla, mutta eivät hekään silloin varsinaisesti työskentele järjestelmän sisällä.

Järjestelmän johdonmukaisuus yllätti myös siksi, ettei tutkimusaineistosta selvinnyt onko alueidenkäytön hallintajärjestelmää kokonaisuutena mallinnettu aikaisemmin, esimerkiksi järjestelmää määritteleviä lakeja valmisteltaessa. BIMCity-ryhmän lähtökohta samoin



kuin oma oletukseni oli, että järjestelmä on muotoutunut vähittäin pitkäkestoisen kehityksen seurauksena. Se että järjestelmän perusrakenne vaikuttaa tiedonhallinnan näkökulmasta jopa tehokkaalta, ei oikeastaan ole ihme. Jälkitarkastelussa on ilmiselvää että, tiedonhallintaa ja siten järjestelmän toimintaa hankaloittavat piirteet muodostavat automaattisesti paineita puuttua järjestelmän rakenteeseen, esimerkiksi säätämällä uusia lakeja ja asetuksia, tai hienosäätämällä

Huomionarvoista on että, järjestelmän rakenteen tiedonhallinnallisesti täydentävä ympäristön seuranta on järjestäytyneenä prosessina verrattain uusi. Se on tullut järjestelmän osaksi nykyisten MRL:n ja MRA:n myötä vuonna 1999 ja täydentynyt vuonna 2009 kun laki paikkatietoinfrastruktuurista astui voimaan. MRL:ää ja MRA:ta edeltäneet rakennuslaki ja rakennusasetus edellyttivät kylläkin kuntien (kaupunkien ja maalaiskuntien) seuraavan rakennustoimintaa ja kaavoituksen tilannetta sekä ylläpitämään kaavoja, mutta eivät ottaneet kantaa muihin tietosisältöihin tai tietojärjestelmiin.

Tutkimuksessa ei selvitetty ympäristön seurannan lakiin kirjaamisen syitä, mutta on kiehtova ajatus voisiko seurannan laajentuminen tässäkin yhteydessä olla suoraa seurausta informaatioteknologian kehityksestä.

### 3.3.1 Haasteet kuntatason prosessinosien mallintamisessa

Kunnallisen tason prosessia ei kyetty kuvaamaan yleisellä tasolla. Jälkikäteen ajateltuna tämä on ymmärrettävää, koska MRL:n puitteissa kunnilla on suurehko liikkumavara siinä miten ne kaavoituksen, rakennusvalvonnan ja ympäristön seurannan järjestävät. Prosessikuvaukselle taas selkeärajaisten toimintojen puuttuminen, ajallisen järjestyksen epämääräisyys ja vaihtelevuus termistössä ovat ongelmia, koska ne johtavat helposti yleistyksiin joiden kautta kuvattu prosessi ei enää vastaa todellisuutta.

Ehkä kuvauksen olisi voinut yrittää tehdä käänteisessä järjestyksessä, kuvaamalla ensin kuntien prosessit, siten että niiden syötteet ja tuotteet olisivat kuitenkin olleet ennalta valittuja käsittäen aineistot, joita kunnat ovat velvoitettuja tuottamaan muiden tasojen toimijoita varten.

Kuntien tarkimman tason tietojen sisältöä ja rakennetta on vaikea hallita valtakunnallisesti kuntien laajan itsemääräämisoikeuden vuoksi. Tämän periaatteen mukaisesti kunnilla on suhteellisen vapaat kädet myös MRL:n ja MRA:n noudattamisessa. Ja siksi kuntien sisäisiä tiedonhallinnan prosesseja ei voida kuvata yleisellä tasolla lainkaan.

BIMCityn prosessikuvauksissa kuntatason osaprosessit päädyttiinkin esittämään yhteistyökuntien tarjoamissa muodoissa. Niiden kautta ymmärrystä alueidenkäytön hallintajärjestelmän paikallisen tason toiminnasta oli toki mahdollista jonkin verran syventää, mutta BIMCityssä tuotettuihin prosessikuvauksien osiksi ne kuitenkin sopivat huonosti, koska useimmat niistä olivat kuvattu suljettuina, ilman muilta tasoilta tulevia syötteitä tai muille tasoille lähteviä tuotteita. Kuntatason prosessien kuvaaminen yhtenäisesti olisi vaatinut tiivistä ryhmätyötä kuntien kanssa, mutta BIMCityn osallistujissa ei ollut ainuttakaan kuntaa, eikä yhteistyökuntien pyytämistä osallistumaan niin laajasti nähty kohtuullisena.

### 3.4 Ajatuksia tutkimusmenetelmän kehittämiseksi ja jatkotutkimusaiheiksi

Prosessimallinnus on raskas mutta suhteellisen toimiva keino hahmottaa myös tuotantojärjestelmiä ja ohjelmistoja pehmeämpiä ihmisten toimintaa ohjaavia prosesseja. Ihmisjärjestelmissä prosessin kuvausta ei kuitenkaan ole järkevää viedä kovin yksityiskohtaiselle tasolle, koska ihmistenvälinen kanssakäyminen on luonteeltaan joustavaa ja prosessi voi siksi toimia vaikka yksittäisiä asioita ei aina tehtäisikään samalla tavalla tai samassa järjestyksessä. Ylemmän tason prosessin osien kuvaukset taas yleistävät toimintaa niin, että kuvaus pysyy vielä suhteellisen tarkkana.

BIMCityssä toteutettujen prosessikuvausten ongelmaksi havaittiin, että tiedonsiirron näkökulma niihin vaikeasti sovitettavissa. Kuten luvussa 2.1.2 on todettu, alueidenkäytön tietojärjestelmät muodostavat melkoisen viidakon. Monilukuisten järjestelmien ja tietosisältöjen liittäminen esimerkiksi Liitteessä 1 esitettyyn prosessikuvaukseen olisi toivoton tehtävä. Tämän vuoksi tutkimuksessa tuotettu alueidenkäytön hallintajärjestelmän malli on lähes irrallinen alueidenkäytön tietojärjestelmistä ja tietosisällöistä.

Luultavasti alueidenkäytön tiedonhallintaa olisikin hyödyllistä tutkia verkostanalyysin keinoin.

#### 3.4.1 Verkostanalyysin hyödyntäminen tutkimuskeinona

Verkostanalyysi on esimerkiksi sosiaalisten verkostojen rakenteen tutkimiseen käytetty menetelmä. Sosiaalisen verkoston tapauksessa toimijat kuvataan verkoston solmuina ja toimijoiden väliset suhteet verkoston yhteyksinä. Jyväskylän yliopisto määrittelee verkostanalyysin seuraavasti:

”Analyysin keskiössä olevat verkostot voidaan ymmärtää tutkimuskohteiden välisinä informaatiota sisältävinä ja rajaavina suhteina. Tutkimuskohteet voivat olla esimerkiksi toimijoita, kuten henkilöitä tai organisaatioita, tapahtumia tai muita verkostoihin kiinnittyviä ilmiötä. Analyysissa pyritään selvittämään tutkimuskohteiden suhdeverkostoa, ei tutkimuskohteiden ominaisuuksia tai laatua. Suhdeverkosto voi perustua esimerkiksi viestintäsuhteeseen, sukulaisuussuhteeseen, omistussuhteeseen, samanaikaiseen osallistumiseen tai toimimiseen samoissa tilanteissa. Verkostanalyysi kattaa erilaisia suhteiden tutkimiseen kehitettyjä menetelmiä. Verkostoista voidaan tutkia esimerkiksi kohteen keskeisyyttä verkostossa, verkoston rakennetta kuten sen tiheyttä tai keskittyneisyyttä tai verkostojen yhteyksiä toisiin verkostoihin. Analyysissa verkostojen rakennetta pyritään usein mallintamaan graafisin keinoin. Verkostanalyysin menetelmät perustuvat määrälliseen analyysiin. Analyysia voidaan toteuttaa lisäksi siihen kehitettyjen tietokoneohjelmien avulla.” ([Jyväskylän yliopisto, 10.4.2015](#))

Alueidenkäytön tietoaineistojen ja -palveluiden tutkiminen verkostona auttaisi varmasti hahmottamaan järjestelmän kokonaisrakennetta.

## 4 Kokeita aluemallinnuksen menetelmillä ja mallien jatkokäytöllä

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tuloksena syntynyt Tampereen teknillisen yliopiston kampuksen aluemalli kehitysvaiheineen sekä mallin jatkokäyttöön liittyvät kokeilut. Aluksi käydään läpi mallinnuksen lähtökohdat, käytetyt aineistot ja tuloksena syntyneet aluemallin versiot. Tämän jälkeen esitellään aluemallin jatkohyödyntämistä virtuaaliympäristöjen pohja-aineistona, sekä käydään lyhyesti läpi muita virtuaaliympäristöjen pohja-aineistoihin liittyviä kokeita. Lopuksi tarkastellaan kriittisesti tutkimuksessa toteutetun aluemallin laatutekijöitä sekä pohditaan virtuaaliympäristöjen toteutettavuuden lähtökoh- tien muuttumista viime vuosina.

Mallinnukset on toteutettu osana TTY:n Virtuaalirakentamisen laboratorion (VBLab) tut- kimushankkeita vuosina 2008–2013. Mallintamisen alkuperäiset tavoitteet olivat:

1. Kehittää menetelmiä maanpinnan mallintamiseen alueidenkäytön suunnittelun perinteisistä korkeustiedoista, kuten väylästön ja päällystettyjen alueiden korkeuspisteistä sekä korkeuskäyristä.
2. Kehittää menetelmiä aluemalleihin sopivien rakennusten pintamallien luomiseksi yleisesti saatavilla olevista lähtöaineistoista, kuten rakennusten aloista ja julki- sivuista.
3. Tutkia aluemallien jatkokäyttömahdollisuuksia.

Vuosien varrella mallia ja mallinnusmenetelmiä kehitettiin havaittujen puutteiden poista- miseksi, erilaisia käyttötarkoituksia varten ja uusien aineistojen tullessa saataville. Me- netelmien kehittämisen syitä ja seurauksia on käyty tarkemmin läpi seuraavassa, mallin- nuksen teknistä toteutusta käsittelevässä luvussa 4.1.

### 4.1 Tampereen teknillisen yliopiston kampuksen mallintaminen

Maanpinnan mallinnusmenetelmän kehittäminen nähtiin alkujaan tarpeelliseksi, koska vuonna 2008 kun rakennusten tietomallintamisen tutkimukseen liittyvää aluemallinnusta aloiteltiin VBLabissa, ei testikenttänä käytetyn TTY:n kampuksen alueelta ollut helposti saatavissa maanpintaa riittävällä tarkkuudella kuvaavia valmiita aineistoja. Tutkimus- ryhmässä tiedettiin kyllä ilmalaserkeilausaineistojen olevan yleistymässä, mutta kehi- tyksen nopeudesta ja aineistojen avautumisen aikataulusta ei vielä ollut tietoa. Esimer- kiksi MML:n Suomen kattava laserkeilaushanke oli tuolloin vasta alkamaisillaan (MML, 2015a). MML:ltä olisi tosin ollut saatavissa korkoaineistoa korkeuskäyrinä, mutta pelk- kien korkeuskäyrien käyttö lähtötietona nähtiin ongelmalliseksi, koska ne kuvaavat huo- nosti rakennetun ympäristön maanpinnan epäjatkuvuuskohtia.

Aluemallinnuksen haasteellisuuteen pinnanmuodoiltaan vaihtelevalla alueella oli VBLa- bissa törmätty jo vuonna 2006 VBE-tutkimuksessa, jossa aluemallinnusta kokeiltiin Hel- singin Käpylän pientaloalueella. Tutkimuksen tuloksena havaittiin maanpinnan mallinta-

misen havainnollisuudeltaan sopivalle tasolle olevan haasteellista. Tampereen teknillisen yliopiston kampusta taas käytettiin tutkimuskohteena useissa VBLabin projekteissa. Yksittäisten rakennusten malleja käytettiin etenkin IFC-tiedonsiirron tutkimuksessa. Kampuksen aluetta kokonaisuutena käytettiin aluemallinnuksen lähtökohtien ja sovellutusten tutkimiseen. Myös rakennusten mallien yhdistämistä aluemalliin tutkittiin.

Eräs virike maanpinnan mallintamiseen kampuksen aluemallia varten tuli, ajatuksesta osallistua Googlen vuoden 2008 Model Your Campus -kilpailuun ([Google, 10.7.2008](#)). Tarkoituksena oli lähettää arvioitavaksi poleeminen ehdotus, jossa kampuksen rakennusten mallien julkisivut olisivat olleet teksturoidut väritetyillä julkisivupiirroksilla valokuvien sijaan. Googlen rakennusmallien teksturointi oli tuolloin vielä varsin vaihtelevaa koska suuri osa rakennuksista oli vapaaehtoisten mallintamia ja teksturoinnissa käytetyt valokuvat oli otettu sekalaisilla kameroilla vaihtelevissa valaistusolosuhteissa. Kilpailuehdotuksen jättämisestä kuitenkin luovuttiin kampuksen haasteellisten pinnanmuotojen vuoksi. Ehdotukset olisi ollut tarkoitus esittää Google Earth -ympäristössä, jossa Hervannan alueen maanpinta oli tuolloin aivan liian suurpiirteinen.

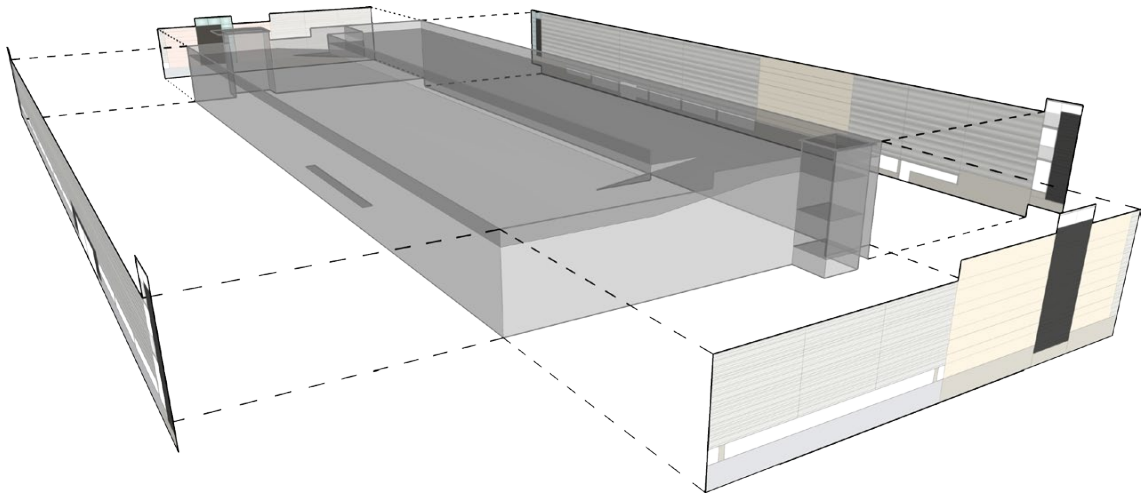
Ensimmäinen versio kampuksen aluemallista valmistui vuonna 2008 ja sitä päivitettiin vuoteen 2013 asti. Alkuperäinen malli tehtiin Senaatti-kiinteistöiltä saadun TTY:n ajantasaisa-aineiston ja Tampereen kaupungin kantakartan perusteella. Aluemallin rakennukset säilyivät lähes koskemattomina koko päivityshistorian ajan, mutta maanpinnasta tehtiin lukuisia eri versioita havaittujen puutteiden korjaamiseksi, uusien lähtötietojen tullessa saataville ja vastaamaan vaihteleviin käyttötarkoituksiin. Tätä tutkimusta varten olen lisäksi tehnyt joitain jälkitarkasteluja ja geometrian käsittelyä vuosina 2013–2016.

Kampuksen aluemallissa sekä rakennukset, että maanpinta on kuvattu pintamalleina pyrkien mahdollisimman kevyeen lopputulokseen. Mallien raskauteen vaikuttavat tekijät ovat geometrinen monimutkaisuus ja tekstuurien yhteenlaskettu koko. Geometrasta monimutkaisuutta voidaan mitata esimerkiksi mallin polygonien määrällä, jollin eri mallien polygoniluvut ovat parhaiten vertailtavissa kun mallit on kolmioitu, eli kaikki polygonit on pilkottu yksinkertaisimmalle mahdolliselle tasolle, kolmioiksi.

#### 4.1.1 Rakennusten mallinnusperiaatteet

Rakennusten pintamallit on toteutettu SketchUp-ohjelmalla. Mallinnuksen lähtökohtana on käytetty Googlen ohjeita rakennusten mallintamisesta julkaistavaksi Google Earth -ohjelmassa ([Google, 2008](#)). Ohjeiden tarkoituksena on ollut opastaa kaupunkiympäristöjen mallintajia mahdollisimman kevyiden mallien tuottamisessa. Ohjeet sisältävät edelleen käyttökelpoisia yleistyksiä, vaikkei Google olekaan vuoden 2013 jälkeen vastaanottanut vapaaehtoisten mallinnuksia osaksi virallisia kaupunkimallejaan ([Google, 2013](#)).

Pintamallit on nostettu Senaatti-kiinteistöiltä saadun TTY:n asemapiirrosaineiston rakennusten aloja kuvaavista suljetuista muodoista, jotka tuotiin SketchUpiin DWG-muotoisina. Rakennusten korkeustiedot on tulkittu DWG-muotoisista julkisivupiirroksista. Mallien tekstuurit on tuotettu värjäämällä julkisivupiirrokset Adobe Illustrator -ohjelmalla. Värjäyksen lähtökohtana on käytetty julkisivupiirrosten materiaalimerkintöjä, paikalla tehtyjä havaintoja ja verkkopalveluiden kuvamateriaalia. Värjäytystä julkisivupiirroksista tuotetut PNG-muotoiset tekstuurit on liitetty malleihin SketchUpissa.



#### 4.1.1.1 Lähtötietoluettelo

Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2008 DWG-muotoiset aineistot

- Rakennusten alat
- Rakennusten julkisivut

Verkkopalveluiden ilma- ja kadunvarsikuvat

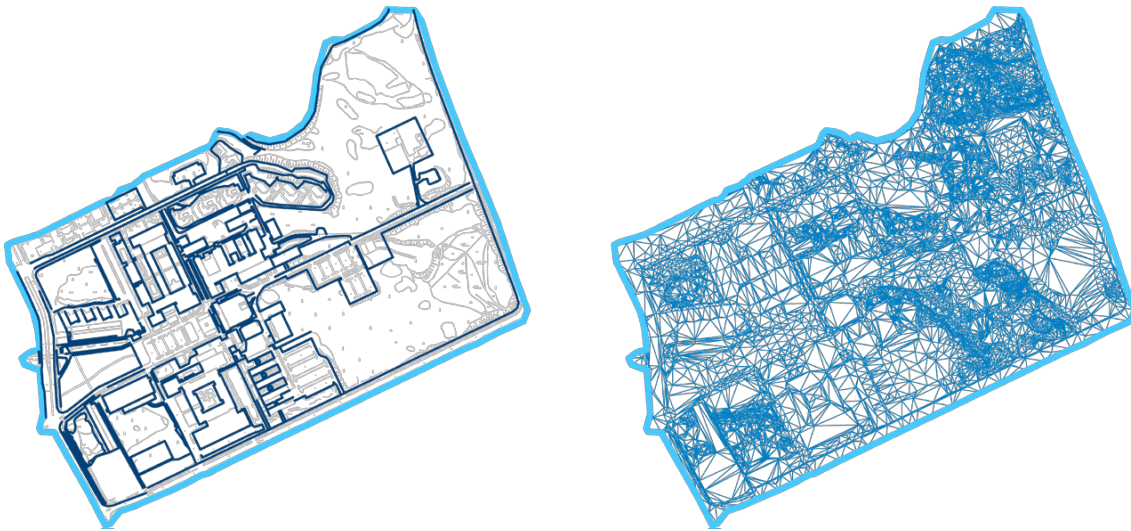
- Viistokuvat, Eniro
- Kadunvarsikuvat, Google

#### 4.1.2 Kantakarttaan perustuvan maanpinnan mallinnusperiaatteet

Mallintamisen lähtötietona käytettiin tavanomaisiin 00-luvun alun kaupunkisuunnittelun paikatietoihin lukeutuvaa Tampereen kantakartan korkeusaineistoa. Käytetyn kaltaisille aineistoille on tyypillistä korkeustiedon hajanaisuus ja epäjatkuvuus. Mallintamisen kannalta seurauksena on, että suoraan aineistosta tuotettu pinta ei ole kovin laadukas ja paikoitellen erot todellisuuteen voivat olla suuriakin. Myös käsittelemättömän kolmioverkon tiheydessä on suuria vaihteluja riippuen siitä perustuuko paikallinen kolmiointi korkeuskäyriin vai korkopisteisiin. Tämän vuoksi kolmioverkon pohjana käytettävä aineisto on vähintään esikäsiteltävä. Haastavilla alueilla, jollainen Hervanta kalliroleikkauksineen ja maastoa mukailevine rakenteineen on, hyvän tulokseen pääseminen kantakartta-aineistosta edellyttää myös käsityötä.







Maanpinnan mallintaminen toteutettiin Autodesk Civil 3D-ohjelmalla. Ohjelma lukee sisään lukuisia paikkatieto- ja tietokoneavusteisen suunnittelun muotoja. Korkeustietoja sisältävistä paikkatietoaineistoista voidaan ohjelmassa luoda pintoja useilla periaatteilla. Tutkimuksessa käytetty maanpinnan malli on ohjelman avulla lähtötiedoista tuotettu TIN-pinta, eli kolmiulotteinen epäsäännöllinen kolmioverkko. Suurin osa kolmiopinnan pisteistä saatiin Tampereen kaupungin kantakartan korkopisteiden ja korkeuskäyrien perusteella. Tampereen kaupungin aineistot luettiin Civil 3D -ohjelmaan MapInfo-muodoista: TAB, MAP, DAT ja ID. Alkuperäisistä koko Tampereen kaupungin alueen käsittävistä aineistoista on ennen vientiä Civil 3D -ohjelmaan irrotettu likimain Hervannan kaupunginosan käsittävä alue MapInfo Professional -ohjelmassa. Tämä alustava rajaus-toimenpide tehtiin isokokoisien aineistojen käsiteltävyyden parantamiseksi. Kantakartasta hyödynnettiin myös väylien reunoja ja muita rajoja edustavia viivoja, pinnan laadun parantamiseksi. Pinnan laatua parannettiin myös lisäämällä rakennusten reunaviivoihin rakennusten julkisivuista saatuja korkotietoja.

Myöhemmässä vaiheessa pinnan kolmiointin laatua pyrittiin parantamaan laskennallisin menetelmin, koska alkuperäisessä pinnassa oli visualisointia haittaavia ominaisuuksia, kuten teräviä kolmioita sekä taiteviivoista ja satunnaisista korkopisteistä johtuvia hyppäyksiä. Pinnan kolmiointin tasaisuutta onnistuttuunkin parantamaan huomattavasti, mutta laskennan ohjaaminen noudattamaan alkuperäistä pintaa mahdollisimman uskollisesti ei poistanut mallinnustekniikan tuottamia pinnanmuodon häiriöitä.

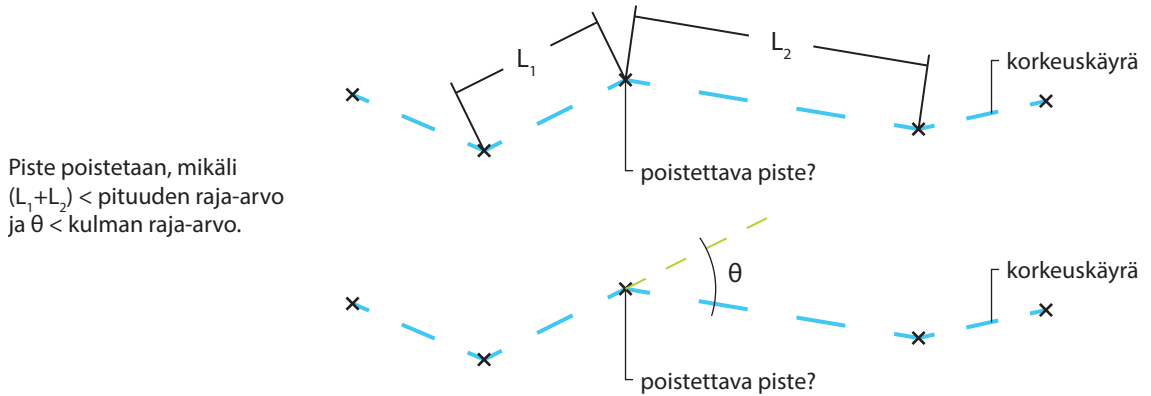
#### 4.1.2.1 Korkeuskäyriin perustuvan pinnan osan esikäsittely

Korkeuskäyriin perustuvassa kolmioverkossa yksittäiset kolmiot ovat usein teräviä, koska kolmiointi tehdään käyrän pisteiden perusteella. Vierekkäiset pisteet ovat käyrällä usein lähellä verrattuna kahden vierekkäisen käyrän välimatkaan. Ennen kolmiointia käyrästä onkin syytä käsitellä laskennallisesti, jotta pisteistöstä saataisiin mahdollisimman tasainen.

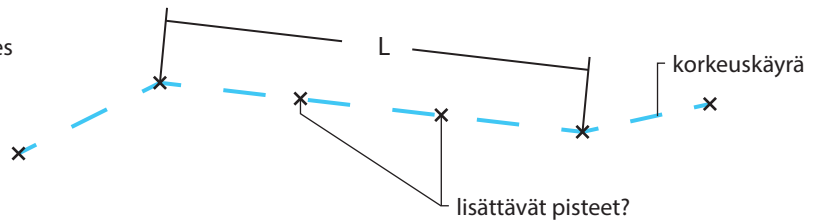
Usein korkeuskäyrät ovat kaarevia ja koostuvat esimerkiksi Bézier-käyrästä, jotka on ennen kolmiointia tulkittava murtoviivoiksi, esimerkiksi murtoviivan ja kaaren välisen poikkeaman raja-arvon perusteella. Tämä tarkoittaa laskennallista menetelmää joka luo käy-

rälle vähimmäismäärän pisteitä, niin ettei niiden kautta piirretyn murtoviivan ja kaaren välinen suora etäisyys kuitenkaan poikkea annetusta raja-arvosta.

Käyrästön pistetiheyttä voidaan optimoida karsimalla ja lisäämällä pisteitä laskennallisesti tarpeen mukaan. Pisteitä karsittaessa voidaan raja-arvoina käyttää esimerkiksi käyrän kolmea perättäistä pistettä yhdistävien kahden sivun yhteenlaskettua pituutta sekä sivujen muodostaman kulman vieruskulmaa. Pisteitä lisäämässä voidaan pituuden raja-arvon ylittävälle sivulle luoda uusia pisteitä. Sopivasti asetetut pisteitä karsivat ja lisäävät raja-arvot parantavat pinnan laatua vähentämällä kolmioiden terävyyttä ja paikallisia kokoeroja.

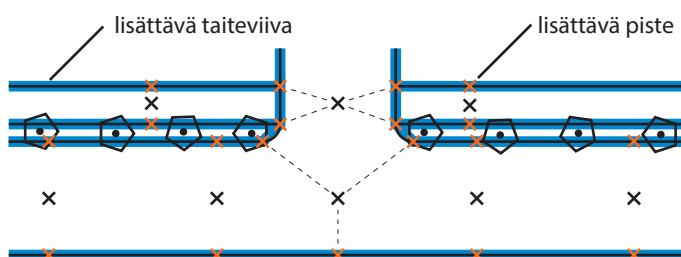
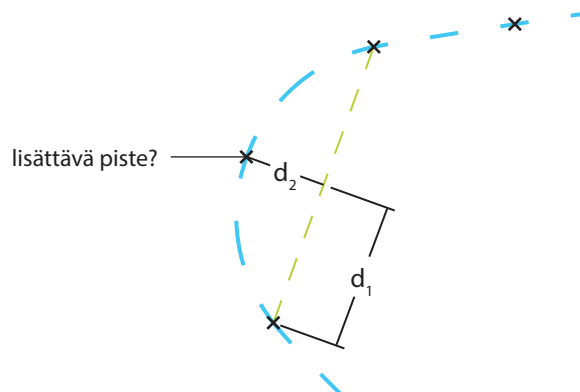


Mikäli  $L > \text{pituuden raja-arvo}$ , lisätään pisteitä tasavälein kunnes väli  $\leq \text{pituuden raja-arvo}$ .



Mikäli  $(d_2/d_1) > \text{poikkeaman raja-arvo}$  lisätään piste kaaren keskikohtaan.

$d_1 = \frac{1}{2}$  jännettä.

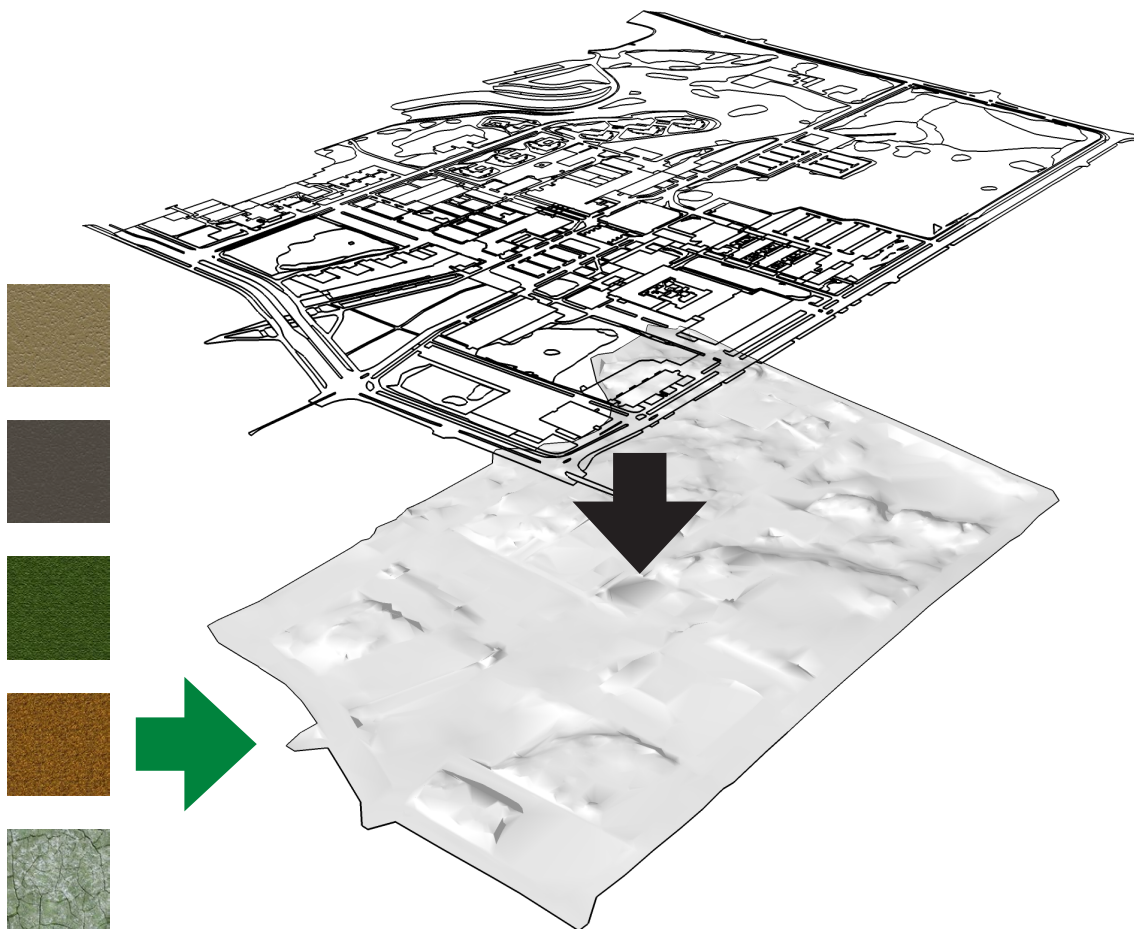


Teiden, katujen ja kevyenliikenteen väylien keskilinjoihin korkeuspisteet määritetään niiden reunoja myötäville taiteviivoille.

#### 4.1.2.2 Korkeuspisteisiin perustuvan pinnan osan esikäsittely

Yksittäisiin korkopisteisiin perustuvilla alueilla pinnan laatua voidaan nostaa vertaamalla saatua pintaa muihin aineistoihin ja lisäämällä pintaan tulkinnanvaraisia yksityiskohtia, kuten taiteviivoja. Tässä tutkimuksessa tulkinnan apuna käytettiin kantakartan viivoja, rakennusten julkisivuja ja viistoilmakuvia. Kantakartan viivoja käytettiin taiteviivojen sijaintien ja määrittämiseen. Läheisten korkopisteiden tietoja käytettiin apuna taiteviivojen pisteiden korkeusasemien määrittämisessä. Teiden, katujen ja kevyenliikenteen väylien kohdalla keskilinjoiden korkeudet kopioitiin väylän reunoja noudattaviin taiteviivoihin; kenttämäisten alueiden kohdalla reunaa lähimpänä olevat korkotiedot tiedot kopioitiin reunan taiteviivoihin. Lisäksi rakennusten julkisivujen maanpinnan korkeusasemien tiedot siirrettiin rakennusten piirejä noudattaviin taiteviivoihin.

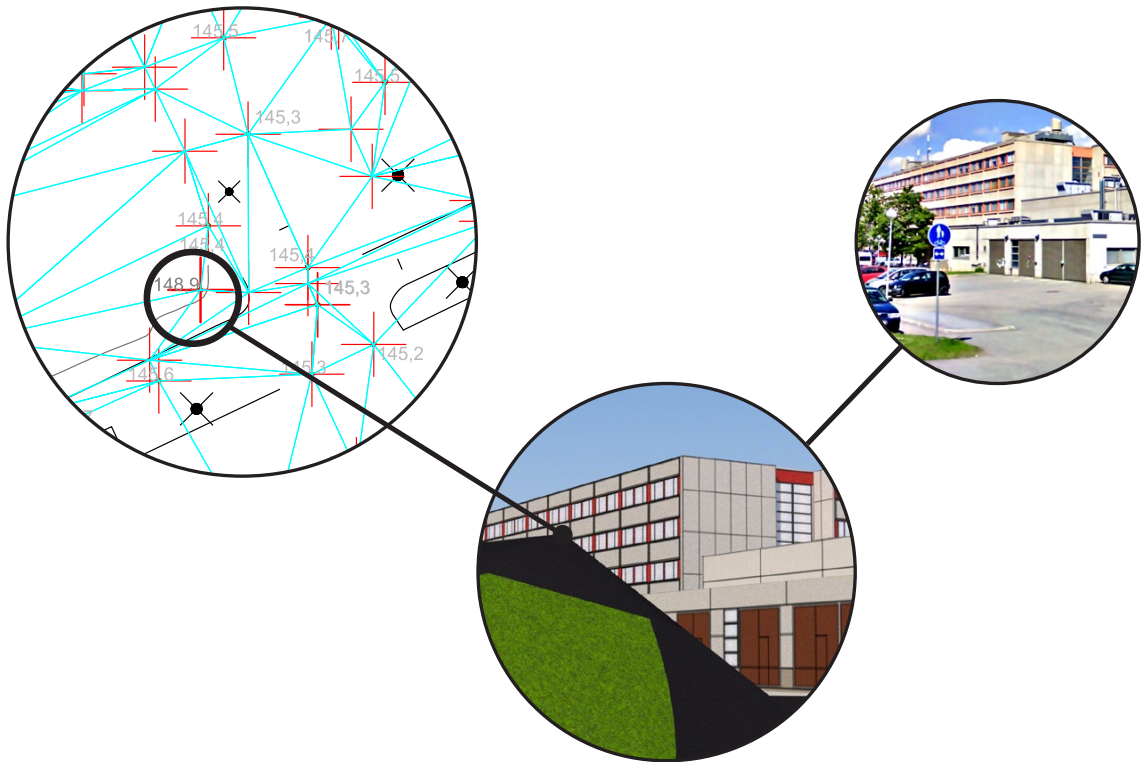
#### 4.1.2.3 Maanpinnan teksturointi



Maanpinnan teksturointi toteutettiin aiemmin Google:n, nykyään Trimble:n SketchUp-ohjelmalla. Teksturoitavat alueet rajattiin projisoimalla kantakartan viivat maanpinnan malliin käyttäen SketchUp:n drape-toimintoa. Seuraavaksi syntyneet alueet täytettiin pienikokoisilla jatkuvilla tekstuureilla. Osa käytetyistä tekstuureista oli SketchUp:n mukana tulleita ja osa taas peräisin Paul Bourke:n teksturointia käsittelevältä verkkosivulta ([Bourke, P., 2014](#)). Tekstuureja käsiteltiin tarpeen mukaan Adobe Photoshop -ohjelmalla.

Teksturointimenetelmä valittiin osin myös siitä syystä, että projisoimalla rajatut alueet mahdollistavat eri maanpeitealueiden pinta-alojen laskemisen mallista.





#### 4.1.2.4 Lähtötietoluettelo ja ohjelmistot

Tampereen kaupungin vuoden 2004 MapInfo-muotoiset aineistot TAB-, DAT-, MAP- ja ID-tiedostoina

- Mittapisteet päällystetyiltä alueilta, sisältäen kevyenliikenteen väylien, teiden ja katujen keskilinjoiden sekä kenttämaisten alueiden, kuten parkkipaikkojen korkeuspisteitä
- Korkeuskäyrät päällystämättömiltä, muokkaamattomilta alueilta
- Kantakartan viivat

Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2008 DWG-muotoiset aineistot

- Asemapiirroksen korkomerkinnot
- Asemapiirroksen viivat

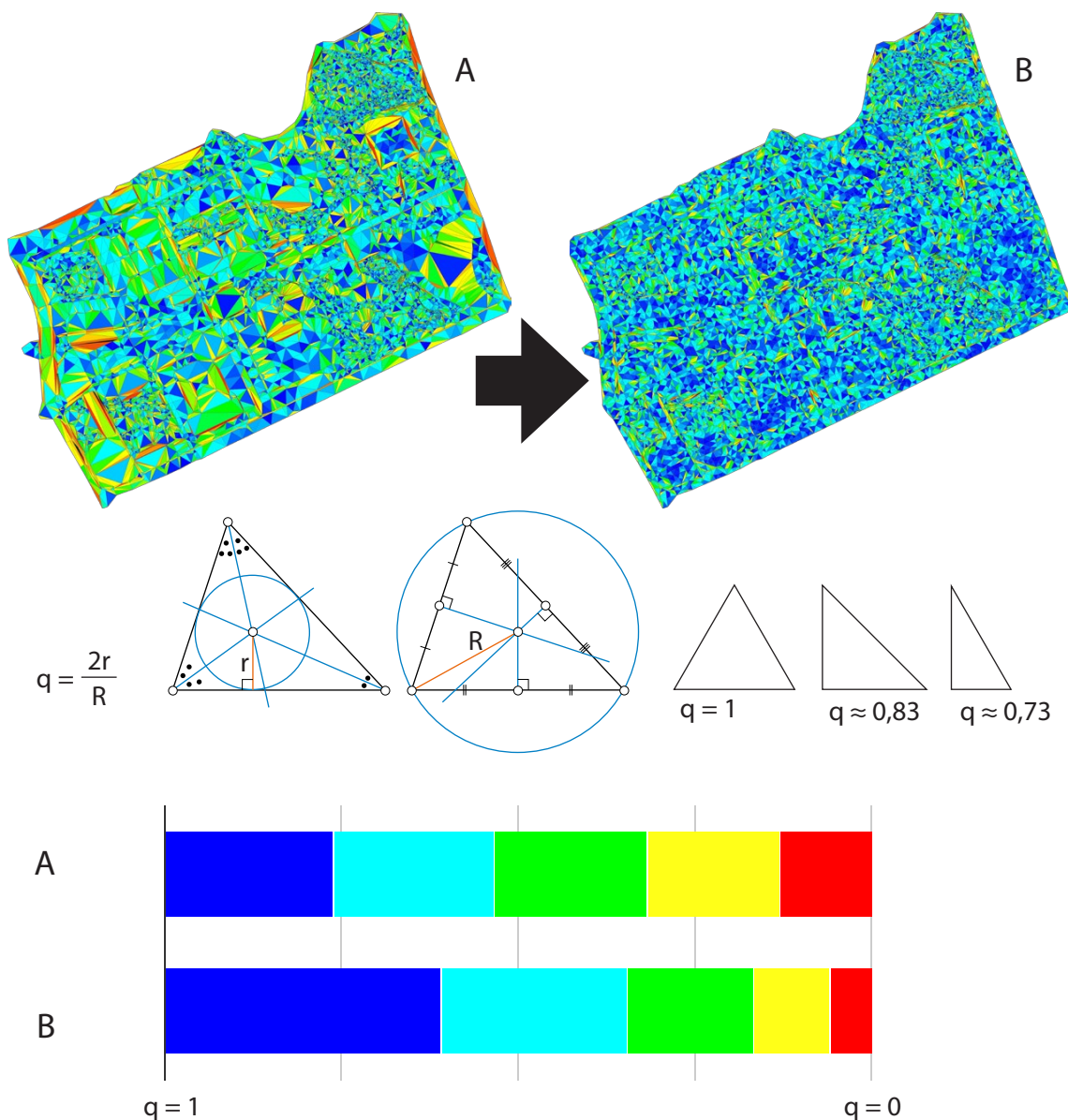
Verkkopalveluiden ilma- ja kadunvarsikuvat

- Viistokuvat, Eniro
- Kadunvarsikuvat, Google

Aineistojen käsittelyssä pääasiallisesti käytetyt ohjelmistot

- MapInfo Professional
- Autodesk Civil 3D
- Google / Trimble SketchUp
- Adobe Illustrator
- Adobe Photoshop





#### 4.1.3 Korkeusmalliin perustuvan maanpinnan mallinnusperiaatteet

Mallintamisen lähtötietona käytettiin MML:n Korkeusmalli 2 m:iä, jota aineiston verkkosivulla kuvataan seuraavasti:

"Korkeusmalli 2 m on maanpinnan korkeutta kuvaava malli, jonka ruutukoko on 2 m x 2 m. Aineisto on tuotettu laserkeilausaineistosta, jonka pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä neliömetrille.

--

Korkeusmalli 2 m tuotetaan kahdessa laatuluokassa: I laatuluokan korkeustarkkuus on keskimäärin 0,3 metriä ja II-laatuluokan korkeustarkkuus vaihtelee 0,3 ja yhden metrin välillä." (MML, 2016)

Ilmalaserkeilausaineistosta tuotetussa 2 metrin ruutujakoon perustavassa korkeusmallissa maanpinnan yksityiskohdat erottuvat yleensä rakennettujen ympäristöjen mallintamiseen riittävällä tasolla. Haastavissa, suuria äkillisiä pinnanmuodon vaihteluita käsittävillä alueilla yksityiskohtaisuus voi jättää toivomisen varaa. Tarkimpaan lopputulokseen päästäisiinkin käyttämällä ilmalaserkeilauksen raakadataa, mutta Korkeusmalli 2 m:n

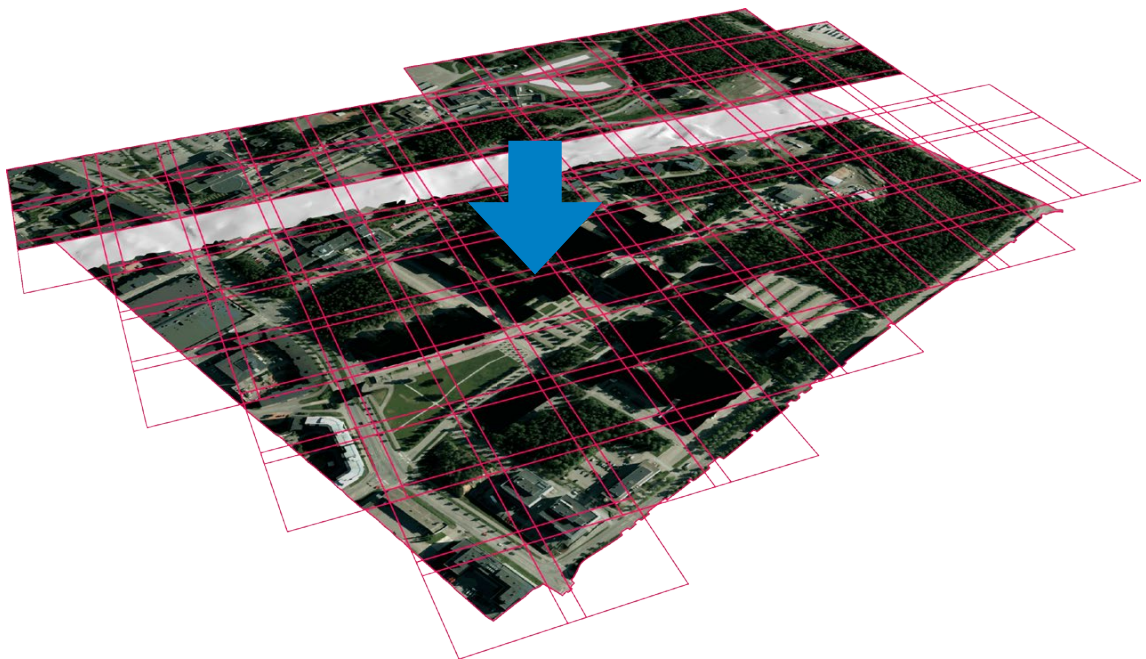
etuna on, että siitä on valmiiksi pyritty suodatamaan pois maanpintaan kuulumattomat pisteet, kuten rakennukset ja kasvillisuus. Aineiston pisteistö kokonaisuutena on myös huomattavasti edellisessä luvussa 4.1.2 kuvattua mallia tiheämpi. Tästä syystä aineiston pisteiden harventaminen algoritmisesti pinnanmuotoa merkittävästi muuttamatta on tarpeen. Harventamisen tuloksena pisteistö muuttuu homogeenisesta ruudukosta tiheydeltään vaihtelevaksi heterogeeniseksi pisteistöksi, josta voidaan tuottaa kolmiopinta.

#### 4.1.3.1 Korkeusmalli 2 m:iin perustuvan pinnan esikäsittely

Korkeusmalli 2:iin perustuva pinnan pisteistö on tarpeettoman tiheä, koska ruutujakoon perustuva pisteistö ei huomioi pinnanmuodon vaihtelujen vaikutusta yksityiskohtiin. Pinnan pisteistöä voidaanakin siksi huomattavasti harventaa laskennallisesti pinnanmuodon juurikaan muuttumatta. Tässä tutkimuksessa pääasiallisesti harvennusalgoritmiksi valittiin Meshlab ohjelman quadric edge collapse decimation. Menetelmän nimelle ei löytynyt käytössä olevaa suomennosta. Algoritmin toimintaperiaate on esitelty yksityiskohtaisesti esimerkiksi Stanfordin yliopiston Computer Graphics Laboratory:n, Geometry Processing Algorithms -kurssin materiaalissa vuodelta 2010 ([Ben-Chen & Lin, 2010](#)).

#### 4.1.3.2 Maanpinnan teksturointi

Maanpinta teksturoitiin ortoilmakuvista Photoshopissa tuotetuilla tekstuureilla SketchUpissa. Ennen tekstuurien tuottamista ilmakuvia oli käsiteltävä melkoisesti esimerkiksi lehvästöjen ja siltojen muodostamien katvealueiden poistamiseksi. Vuoden 2013 ilmakuvasta häivytettiin lisäksi Kampusareenan työmaa, jotta tekstuuri saatiin vastaamaan aluemallin mukaista tilannetta. Teksturointia varten ilmakeku paloiteltiin 1000x1000 pikselin suuruisiksi jpg-kuviksi, koska SketchUpissa tekstuurin enimmäiskoko on 1024x1024 pikseliä.



#### 4.1.3.3 Lähtötietoluettelo ja ohjelmistot

Maanmittauslaitoksen vuoden 2013 korkeusmalli 2 m:n ruutu M4213B ascii grid -muodossa.

- M4213B.asc

Tampereen kaupungin vuoden 2011 ortoilmakuvan ruutu M4213B1 ja vuoden 2013 ortoilmakuvan ruutu M4213B1\_A, TIF-muodossa.

- M4213B1.tif (2011)
- M4213B1\_A.tif (2013)

Aineistojen käsittelyssä pääasiallisesti käytetyt ohjelmistot

- Autodesk Civil 3D
- Google / Trimble SketchUp
- MeshLab
- Adobe Photoshop

#### 4.1.4 Aluemallin ominaisuudet lyhyesti

##### 4.1.4.1 Rakennusten mallit

Luvussa 4.1.1 kuvatulla menetelmällä toteutetut kampuksen rakennusten mallit ovat kevyitä. Rakennusten erillisistä SketchUp-mallien tiedostokoot ovat välillä 100-300 kilotavua. Monimutkaisimmassa, Festiaa kuvaavassa mallissa on 258 polygonia tai 937 kolmiota ja yksinkertaisimmassa, parkkitalon mallissa 40 polygonia tai 117 kolmiota.

##### 4.1.4.2 Kantakarttaan perustuva maanpinta

Luvussa 4.1.2 kuvatulla menetelmällä tuotetussa maanpinnan mallissa oli ennen teksturointia 9291 pistettä ja 18455 kolmiota. Teksturointi projisoitujen kantakartan viivojen avulla pilkkoo alkuperäisen pinnan kolmioita. Lopullisessa teksturoidussa maanpinnan mallissa oli tästä johtuen 28161 kolmiota. Käytetty teksturointimenetelmä siis 1,53-kertaisti mallin geometria-alkioiden määrän, mutta toisaalta kantakartan päällystealueita noudattavien pienikokoisten tekstuurien käyttö vähentää tekstuurien yhteenlaskettua kokoa huomattavasti. Menetelmä ei toki silti ole tiedostokoon tai visuaalisen realismin näkökulmista optimaalinen.

##### 4.1.4.3 Korkeusmalliin perustuva maanpinta

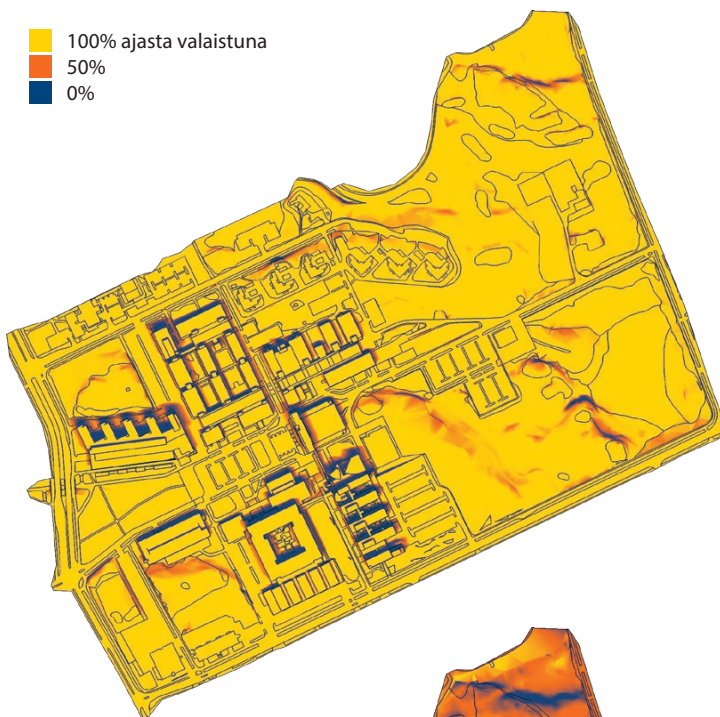
Korkeusmalli 2 m:stä irrotetussa kampuksen alueen käsittävässä maanpinnan mallissa oli 3111128 kolmiota. Luvussa 4.1.3 kuvatulla menetelmällä yksinkertaistetussa maanpinnan mallissa on 31111 kolmiota. Yksinkertaistuksen tuloksena syntyneen pinnan poikkeama alkuperäiseen pintaan nähden on keskimäärin 0.04 m, joka on reilusti MLL:n Korkeusmalli 2 m:lle ilmoittaman keskivirheen 0,3 m alapuolella.

Ortoilmakuvaan perustuva teksturointi nostaa mallin tiedostokokoa huomattavasti, sillä pintaa varten tuotetun tekstuuriaineiston koko on 21,4 megatavua.

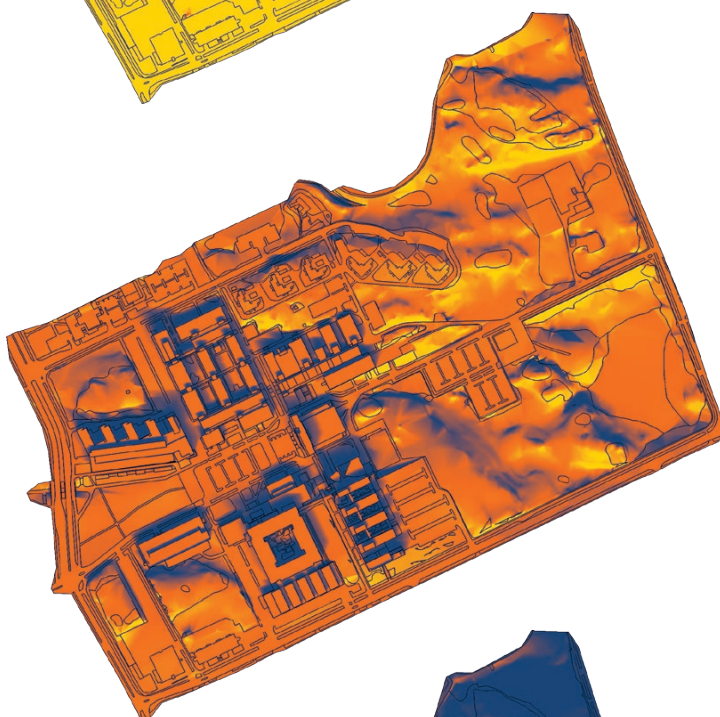


■ 100% ajasta valaistuna  
■ 50%  
■ 0%

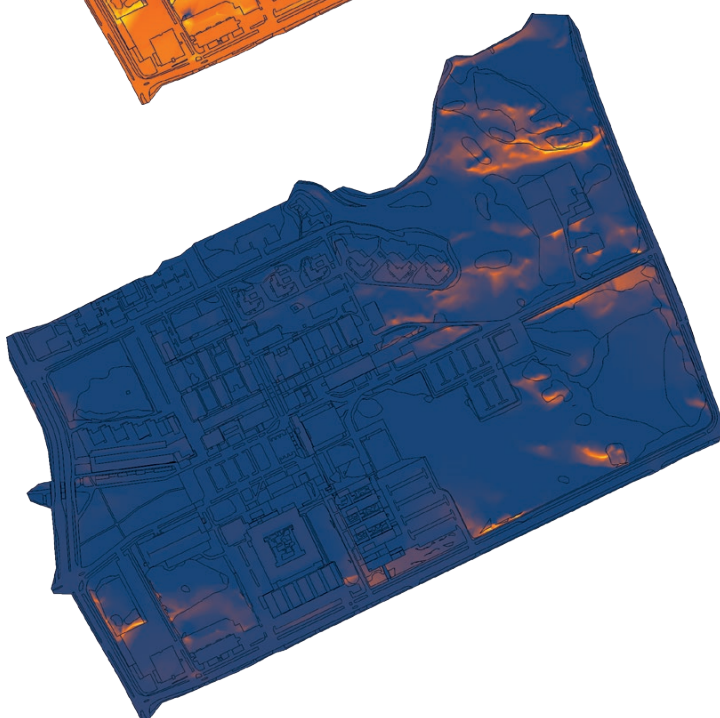
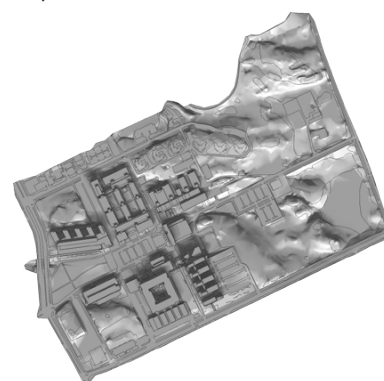
Valaistusanalyysi TTY:n kampuksen alueelta eri vuodenaikoina klo 10-14 väliseltä ajanjaksolta. Värjättyt kuvat auttavat hahmottamaan valaistuksen rakennetta ja harmaasävykuvat valon kokonaismäärää.



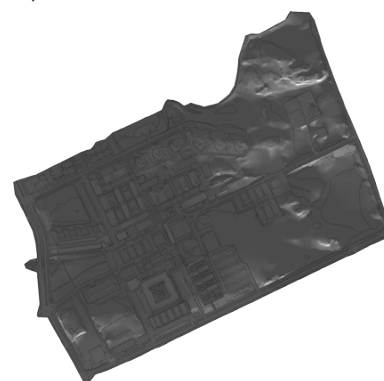
Kesäpäivänseisaus 2014

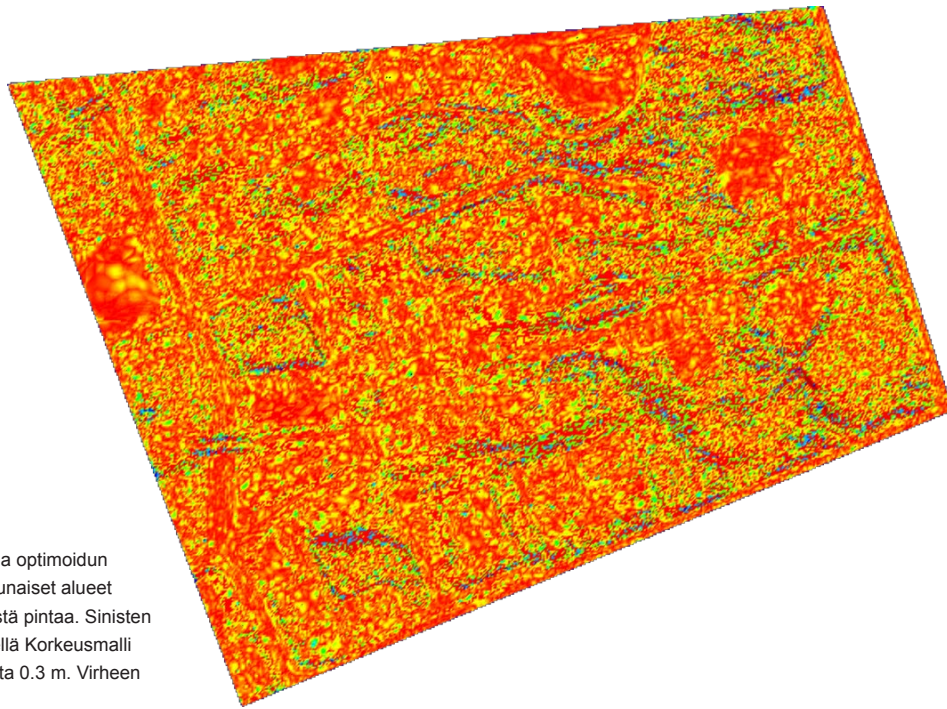


Kevätpäiväntausaus 2014



Talvipäivänseisaus 2013





Vertailu alkuperäisen ja optimoidun maanpinnan välillä. Punaiset alueet ovat lähellä alkuperäistä pintaa. Sinisten alueiden virhe on lähellä Korkeusmalli 2 m:n erotelutarkkuutta 0.3 m. Virheen keskiarvo on 0.04 m.

## 4.2 Aluemallin käyttö virtuaaliympäristön pohjana

Virtuaalirakentamisen laboratoriossa (VBLab) tutkittiin virtuaaliympäristöjen käytettävyyttä alueidenkäytön suunnittelun työvälineinä vuosina 2010 ja 2011 (VBLab, 2010; Malmi, 2011). Tutkimuksen esiselvitysvaiheessa tarkasteltiin kirjallisuustutkimuksellisin keinoin pitkälti samoja virtuaalimaailma-alustoja kuin edellä mainitussa Tampereen yliopiston raportissa (Lappalainen, 2013). VBLabissa tarkastelun kohteina olleet virtuaalimaailma-alustat olivat:

4. OpenSimulator
5. realXtend
6. Open Wonderland
7. Open Cobalt
8. OpenQwaq

Tutkimuksen kohteiksi valitut virtuaalimaailma-alustat olivat kaikki tarkoituksella avoimen lähdekoodin ohjelmistoja, sillä Second Lifen kaltaisissa omisteisiin virtuaalimaailmoihin tehtyjen virtuaaliympäristöjen ylläpidon oli havaittu todetun ongelmalliseksi.

Samoihin aikoihin tarkasteltiin myös virtuaalimallien toteuttamista omisteisilla Google Earth ja RenderLights ohjelmistoilla. Näillä ohjelmilla tuotetut virtuaalimallit ovat staattisia eikä niihin liity ylläpitokustannuksia.

Pisimmälle edenneet virtuaalimaailman käyttökokeet tehtiin Open Wonderland -alustalle. Valinnan perusteena oli kml-tuki, vuorovaikutustyökalut, hyvä dokumentaatio ja aktiivinen kehittäjäyhteisö. Java-pohjainen Open Wonderland ei toki ollut täysin ongelmaton valinta, mutta muissa virtuaalimaailma-alustoissa nähtiin nimenomaan todellisten ympäristöjen kuvaamisen kannalta ongelmallisia puutteita. Open Simulatorin heikkoutena nähtiin mittatarkan maaston toteuttamisen vaikeus ja kml-tuen riippuminen käytettävästä



asiakasohjelmasta. Open Cobaltin heikkoutena oli niin ikään maaston luominen sekä lisäksi pysähtyneeltä vaikuttava kehitys. Open Qwaqin todettiin aluemittakaavan sijaan olevan suunnattu pieneköjen virtuaalikokousympäristöjen toteuttamiseen. Suomalaisen realXtendin taas todettiin olevan kehityksessään liian varhaisessa vaiheessa. Kaikissa alustoissa selkeänä kehitystarpeena pidettiin siirtymistä asiakasohjelmasedonnaisuudesta tavallisissa selainohjelmissa toimiviin virtuaaliympäristöihin.

Lyhyen, ainoastaan alustaviin käyttökokeisiin edenneen tutkimusjakson aikana virtuaaliympäristö ehdittiin todeta monessa mielessä kiinnostavaksi alueidenkäytön suunnittelun työkaluksi. Käytössä oleviin autioihin kaupunkimalleihin verrattuna virtuaaliympäristön tärkeimmäksi uudeksi ominaisuudeksi todettiin pelillisuus, joka muodostuu mahdollisuudesta vuorovaikuttaa toisten käyttäjien ja ympäristön kanssa. Aluesuunnittelussa pelillisuus mahdollistaa ympäristön kommentoinnin ja kommentteihin liittyvät keskustelut, omien ympäristöön liittyvien havaintojen esittelemisen toisille käyttäjille ”kädestä pitäen” sekä vaihtoehtoisten suunnitelmien vertailemisen. Vertailun mahdollistamiseksi useasta vaihtoehtoisesta suunnitelmasta voidaan esimerkiksi koota sarja toisiinsa yhteydessä olevia ympäristöjä, joiden välillä käyttäjät voivat liikkua.

#### 4.2.1 Virtuaaliympäristön toteutus Open Wonderlandilla

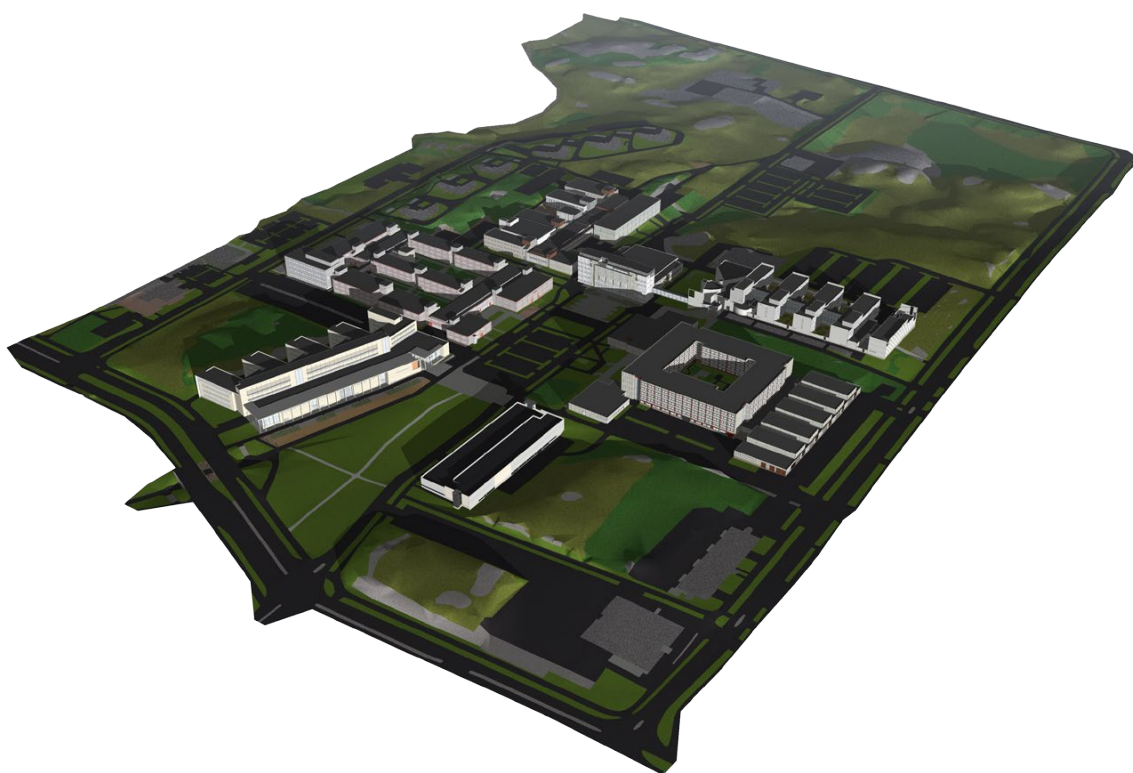
Virtuaaliympäristön perustaksi tuotiin SketchUp-ohjelmassa koottu TTY:n kampuksen malli rakennuksineen kmz-muodossa. Mallin maanpinta perustui kantakartan tietoihin ja oli mallinnettu luvussa 4.1.2 kuvattujen periaatteiden mukaisesti. Mallin rakennukset oli mallinnettu luvussa 4.1.1 kuvatuin periaattein. Ympäristön elävöittämiseksi kokeiltiin objektien lisäämistä virtuaalimaailmaan Open Wonderlandin tarjoamilla työkaluilla.



Open Wonderland on Java-pohjainen keskitettyyn palvelimeen perustuva virtuaalimaailma-alusta. Virtuaalimaailman käyttäjät ottavat yhteyden palvelimeen asiakasohjelman avulla ja palvelin välittää maailman tapahtumat käyttäjien kesken. Open Wonderlandin vuorovaikutusominaisuuksiin kuuluvat ympäristön muokkaaminen objekteja lisäämällä tai poistamalla sekä ele-, puhe- ja tekstipohjainen viestintä käyttäjien kesken.

VBLabin vuosina 2010 ja 2011 toteuttamien käyttökokeilujen palvelinarkkitehtuureja ei raportoitu projektin aikana kunnolla. Muistinvaraisesti on todettavissa, että testipalvelimia oli kaksi ja molemmat olivat aiemmin työasemakäytössä olleita tietokoneita, jollaisia on löydettävissä tietotekniikan parissa puuhastelevien yliopistolaboratorioiden ja -tutkijoiden nurkista. VBLabin yhteisessä käytössä ollut testipalvelin sijaitsi laboratorion tiloissa ja oli kytketty internetiin TTY:n verkon kautta. Toinen testipalvelin sijaitsi Helsingissä tämän tutkimuksen tekijän asunnossa, ja oli kytketty internetiin Welhon (nyk. DNA) kuluttajalaakaistayhteyden kautta.

Tämän tutkimuksen tarpeisiin toteutettiin toisinto VBLabin kokeissa käytetystä virtuaaliympäristöstä OVH:n palvelinkeskuksessa Ranskan Roubaixissa sijaitsevalle virtuaalipalvelimelle. Virtuaalipalvelimella oli 2 GiB keskusmuistia, jonka kellotaajuus ei ole tiedossa, sekä kaksi tarpeen mukaan skaalautuvaa amd64-yhteensopivaa virtuaalista suorityndintä joiden kellotaajuus ei myöskään ole tiedossa. (OVH, 2015)



### 4.3 Muita virtuaaliympäristöihin liittyviä kokeita

Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi vuonna 2010 tehtyjä rakennusten tietomallien tiedonsiirron kokeita virtuaalimallien tuottamista tukeviin muotoihin. Tarkastelu on rajattu koskemaan lähinnä BIMServer-tietomallipalvelinohjelmistolla tehtyjä kokeita, koska on mahdollista että rakennusten tietomalleja tulevaisuudessa varastoidaan sen kaltaisilla tietokantaperusteisilla palvelimilla, jotka mahdollistavat varastossa oleviin malleihin teh-



tävät tietokantakyselyt. Rajauksen taustalla on myös toteamus siitä, että rakennusten geometria on tarvittaessa siirrettävissä virtuaaliympäristöjen tukemiin muotoihin suoraan alkuperäisistä mallinnusohjelmista. Tämän luvun tarkoituksena onkin lyhyesti kuvata olemassa olevia mahdollisuuksia irrottaa rakennusten malleja tietomallipalvelimelta virtuaaliympäristöjen näkökulmasta kiinnostavissa muodoissa.

#### 4.3.1 Tiedonsiirtokokeita BIMServer-palvelinohjelmistolla

BIMServer on pääasiassa Alankomaissa kehitetty avoimen lähdekoodin tietomallipalvelinohjelmisto, joka tukee KML- ja CityGML-muotojen tuottamista palvelimelle IFC-muodossa viedystä rakennusten tietomalleista. BIMServer valittiin tiedonsiirtokokeiden työkaluksi, koska se nähtiin VBLabissa potentiaalisena potentiaalisena tutkimusdatan säilyttämiseen ja manipulointiin sopivana tietomallipalvelimenä. BIMServeriä kokeiltiin VBLabissa kuitenkin ainoastaan vuoden 2010 aikana. Kokeiluissa käytetty ohjelmistoversio oli 0.8.1.

##### 4.3.1.1 IFC–CityGML -tiedonsiirto

CityGML on virtuaaliympäristöjen kannalta kiinnostava tietomuoto, koska on mahdollista, että kaupunkimalleja tulevaisuudessa tuotetaan CityGML-muodossa. Tästä syystä voi olla, että virtuaaliympäristö-alustoihin kehitetään CityGML-tukea, tai vähintään että CityGML:ää tukevat työpöytä- tai palvelinohjelmistot mahdollistavat mallien viemisen virtuaaliympäristöissä käytettäviin muotoihin.

Tehdyissä testeissä BIMServer kirjoitti ehjiä CityGML-tiedostoja vaihtelevalla menestyksellä. Jotkin IFC-geometriat vaikuttivat tuottavan BIMServerin CityGML-kääntäjälle ongelmia ja malleista jäi toisinaan puuttumaan objekteja. Jotkut IFC-tiedostot eivät lainkaan kääntyneet lukukelpoisiksi CityGML-tiedostoiksi. Virhelähteessä on tosin jonkin verran epävarmuutta, koska kaikki tuotetut CityGML-mallit katseltiin ainostaan Autodesk LandXplorer CityGML Viewer -ohjelmistolla. Autodesk on sittemmin luopunut LandXplorer -ohjelmistojen kehityksestä.

##### 4.3.1.2 IFC–KML -tiedonsiirto

KML on virtuaaliympäristöjen laajasti tukema tietomuoto.

Testatulla BIMServer versiolla KML-tiedonsiirtoa ei saatu toimimaan lainkaan. BIMServer kirjoitti tyhjiä, 0 kilotavun kokoisia, KML-päätteisiä tiedostoja.

IFC-tiedostoja pystyttiin tosin kääntämään KML-muotoon SketchUp-laajennuksen avulla.

##### 4.3.1.3 CityGML–KML -tiedonsiirto

Testatulla BIMServer versiolla KML-tiedonsiirtoa ei saatu toimimaan lainkaan. BIMServer kirjoitti tyhjiä, 0 kilotavun kokoisia, KML-päätteisiä tiedostoja.

## 4.4 Havaintoja aluemalleilla tehdyistä kokeista

Tässä luvussa esitellään aluemalleilla tehdyistä kokeista kertyneitä havaintoja. Ensin, alaluvussa 4.4.1, käydään läpi muutamia aluemallintamisen teknisiä yksityiskohtia. Luvuissa 4.4.2 ja 4.4.3 esitellään virtuaaliympäristöjen kiinnostavuudesta ja käytettävyydestä tehtyjä havaintoja. Lopuksi esitetään lyhyt yhteenveto rakennusten tietomallien käytettävyydestä virtuaaliympäristöjen osana.

### 4.4.1 Kantakarttaan ja korkeusmalliin perustuvien maanpinnan mallien vertailu

Korkeusmallista tuotettu maanpinnan malli on geometrisesti kantakarttaan perustuvaa mallia laadukkaampi ja visuaaliselta luonteeltaan rauhallisempi, mutta erottelukyvyltään heikko verrattuna rakennetun ympäristön pienipiirteisten elementtien vaatimaan tarkkuuteen. Korkeusmalli 2 m:n pintaan tulee myös suhtautua terveeseen skeptisesti, koska pinnasta on poistettu maanpintaan kuuluvaa geometriaa laskennallisesti. Tämänkin tutkimuksen maastopinnan alueelta löytyi puuttuva, kallioleikkausten suorareunaiseksi muotoilema kukkula. Olisikohan suodatusalgoritmi tulkinnut sen korkeaksi puustoksi päällä kasvavien puiden vuoksi, tai rakennukseksi pystysuorien seinämien takia?

Kantakartta-aineiston perusteella mallinnettu pinta huomioi hyvin rakennettujen alueiden eri koroilla sijaitsevien pintojen rajakohdat, koska ne ovat siirrettävissä kartalta pinnan taiteviivoiksi. Toisaalta kantakartta-aineiston vaatima mallinnustapa on työläs ja yksinkertaisimmillaan – ilman merkittävää jälkikäsitelyä – tuottaa töksähtelevän tuntuista ympäristöä, koska kantakartalta siirretyt taiteviivat aiheuttavat toisinaan luonnottomia hypäyksiä geometriassa.

Edellisten havaintojen pohjalta voi väittää, että laadukkaan maanpinnan tuottaminen virtuaaliympäristöön vaatisi luultavasti molempien menetelmien yhdistämistä. Korkeusmalli voisi toimia hyvänä pohjana maanpinnan mallinnukselle, mutta rakennetun ympäristön pienipiirteisten elementtien esittäminen vaatisi sen tulkinnanvaraista jatkotyöstä, muiden aineistojen perusteella.

#### 4.4.1.1 Lyhyesti maanpinnan teksturoinnista

Virtuaaliympäristöjen maanpinnan teksturoinnin toteuttaminen on haastava kysymys, koska tekstuuriaineiston koko on tärkeä maanpinnan mallin raskauteen vaikuttava tekijä. Maanpinnan teksturointi voidaan järkevästi toteuttaa kahdella lähtökohtaisesti erilaisella tavalla: koko pinnan kattavana yhtenäisenä tekstuurikarttana tai pienikokoisina toistuvina tekstuureina, jotka levitetään pinnalle jonkin säännön mukaan. Tässä työssä ensimmäisen kaltaista menetelmää on käytetty korkeusmalliin perustuvassa pinnassa ja jälkimmäistä kantakarttaan perustuvassa maanpinnassa. Molemmat tavat on mahdollista toteuttaa huomattavasti tämän työn esimerkkejä kehittyneemmin, mutta perusperiaatteet pysyvät samoina.

Yhtenäisen tekstuurikartan etuna on, että teksturointi voi perustua yhteen koko pinnan kattavaan kuvaan, esimerkiksi ortoilmakuvaan. Tekstuuri voidaan myös sopivassa ohjel-

massa maalata maastomallin pinnalle. Yhtenäisen tekstuurikartan haittana on sen suuri koko, joka voi tehdä maanpinnan mallista raskaan.

Pienten jatkuvien tekstuurien käytön etuna on, että tekstuuriaineiston koko ei riipu itse maanpinnan koosta ja on joka tapauksessa yhtenäistekstuuria pienempi. Haittana on tekstuurien määrittämisen työläys, ja se että virtuaaliympäristö-alustojen käyttämät pintamallien tiedostomuodot eivät tue kehittyneitä tekstuuritiloja. Joissain virtuaaliympäristöalustoissa on mukana työkaluja tekstuurien hallintaan.

#### 4.4.2 Millaista on kiinnostus virtuaaliympäristöjä kohtaan?

Kiinnostus virtuaaliympäristöjä kohtaan on kytenyt jo vuosia ja VBLabin kokeilujen virtuaaliympäristöt herättivät kiinnostusta tutkimusryhmän ulkopuolella jo vuonna 2010 Pro-digi<sup>BIM</sup>-tutkimuksen yhteydessä. Tutkimuksessa toteutettiin TTY:n kampuksen mallinnuksesta saatujen kokemusten pohjalta kolme erilaista esitystä Vantaan Malminiityn alueen esittelymalleiksi. Kokeilun tarkoituksena oli havainnollistaa, että ketterä aluemallinnus voi helposti tuottaa virtuaaliympäristöjä suunnitelmien esittelyyn esimerkiksi kaavamuu-toksia haettaessa. Virtuaaliympäristöjen alustoina olivat Google Earth, Render Lights ja Open Wonderland. Ripeästi toteutettujen virtuaaliympäristöjen esittely NCC:n ja VVO:n edustajille synnytti jopa keskustelun Open Wonderland-ympäristön kehittämisestä julkaistavaksi laajemmalle yleisölle. Julkaisuvalmiuteen olisi vaadittu riittävän tehokas palvelin suoriutumaan kymmenistä yhtäaikaista käyttäjästä ja ympäristön virikkeellistämisen käyttäjiä ohjaavalle tasolle. Toimeksiantoa kehittämiseen ei kuitenkaan lopulta tullut, luultavasti koska hankkeen taustalla ei ollut uskottavaa kaupallista toimijaa, vaan pari nuorta yliopiston tutkimusapulaista. On vaikea sanoa kuinka laajaa kiinnostusta Open Wonderland-alustalle toteutettu virtuaaliympäristö olisi voinut vuonna 2010 herättää. Kuten luvussa 4.3.1 todetaan, Open Wonderland vaatii käyttäjiltä Java-pohjaisen asiakasohjelman asentamisen, joka monimutkaistaa virtuaaliympäristöön pääsyä. Kenties uutuusarvo olisi kuitenkin houkutellut kokeilijoita, joista osan olisi karsiutunut ympäristön vaikean saavutettavuuden vuoksi.

#### 4.4.3 Voisiko virtuaaliympäristöjen elävöittämisen joukkoistaa?

Kiinnostavan virtuaaliympäristön tuottaminen vaatii suuren määrän ennakkotyötä ja monenlaisia melko marginaalisia teknisiä ja graafisia taitoja. Luultavasti juuri tuottamisen haasteellisuus on suurin hidaste virtuaaliympäristöjen yleistymiselle. Työläys ja monialaisuus olisivatkin omiaan perustelemaan virtuaaliympäristöjen toteuttamisen joukkoistamista.

Myös joukkoistaminen voi olla haasteellista, koska virtuaaliympäristö-alustojen tuntemus on marginaalista ja luultavasti kaikissa alustoissa on puutteita tai käyttäjiä ärsyttäviä piirteitä. Tämä tekee alustan valinnasta visaisen pulman, eikä kovin suuren joukon kesken päästä helposti yksimielisyyteen parhaasta valinnasta.

Toteutuksen joukkoistaminen voisikin onnistua parhaiten kaksivaiheisena, niin että pieni

ydinryhmä tutkii vaihtoehdot, valitsee alustan ja tekee suurinta ponnistusta ja selkeintä linjaa vaativan pohjatyon ympäristön pystyttämiseksi. Julkaisuvalmis suuremman joukon muokattavaksi sopiva virtuaaliympäristö sisältäisi ainakin tärkeimmät ympäristön pysyviksi peruselementeiksi tarkoitetut piirteet, kuten maaston ja rakennukset – ehkä jopa kadunkalusteet ja peruskasvillisuuden. Ympäristön elävöittämiseksi tehtävä työ taas voisi olla oiva joukkoistuksen kohde. Tämä voisi sisältää erityistä huomiota vaativien yksityiskohtien, kuten opasteiden, taideteosteosten, merkittävien kasvien lisäämisen esimerkiksi käytön alkuvaiheessa järjestettävänä tempauksina tai talkoina. Tähtäimenä kiivaalla alkupanostuksella olisi saada ympäristö havainnollisesti ”valmiiksi” sen varsinaista käyttöä, kuten ympäristön kehitysehdotuksia tai havaintojen keräämistä varten.

Vapaaehtoisten Google Earthissä tekemä rakennusten mallinnustyö osoittaa, että ajatus virtuaaliympäristön rakentamisen joukkoistamisesta voidaan saada toimimaan myös käytännössä. Epäselvää kuitenkin on mitkä tarkalleen ovat onnistumisen kannalta kriittiset tekijät, mutta luultavasti ainakin kriittinen massa osallistujia ja ympäristön sotkemisen torjuminen ovat onnistumisessa keskeisiä.

#### 4.4.4 Sopivatko rakennusten tietomallit osaksi virtuaaliympäristöjä?

Jo varhaisessa vaiheessa VBLabin aluemallintamisen kokeiluja huomattiin, ettei tavanomaisten rakennusten tietomallien käyttäminen virtuaaliympäristöjen ulkotilojen esittämiseen ole järkevää. Tämä näkökulma on havaittavissa selkeästi myös CityGML:n LOD hierarkiasta, jossa vain kaksi tarkinta LOD-tasoa olisi mahdollista generoida rakennusten tietomalleista. Rakennuksen sisätilat käsittävä LOD4 onkin CityGML-hierarkian mukaan järkevä vain silloin kun rakennusta tarkastellaan sisältä.

Edelliseen havaintoon perustuen rakennusten tietomallit voisivat toimia lähtökohtana rakennusten sisätilojen esittämislle virtuaaliympäristöissä. Käytännössä useimmissa virtuaaliympäristö-alustoissa sisätila on järkevintä esittää erillään ulkotilasta, omana virtuaalimaailmanaan, johon käyttäjä siirtyy rakennuksen oveen kiinnitetyn linkin eli ”teleportin” kautta.

Rakennusten tietomallien muokattavuus virtuaaliympäristöiksi on kehittynyt huomattavasti sitten luvussa 4.1.1 esiteltujen vuoden 2010 kokeiden. Esimerkiksi alueen mallinnuksessa käytetty SketchUp tukee nykyisin IFC-muotoa suoraan ilman ohjelmistolaajennuksen tarvetta, joka mahdollistaa rakennusten tietomallien helpomman muokkaamisen virtuaaliympäristöissä käytettäväksi. Luultavasti myös BIMServerin tiedostokääntäjien ominaisuudet ovat kehittyneet kuluneiden vuosien aikana.

### 4.5 Ajatuksia tutkimusmenetelmän kehittämiseksi ja jatkotutkimusaiheiksi

Tässä tutkimuksessa toteutetun aluemallin rakennukset oli aikoinaan mallinnettava kokonaan käsityönä. Vaikka käytetty mallinnusprosessi oli melko kevyt, olisi paljon rakennuksia sisältävien alueiden mallintaminen silti monessa tapauksessa liian työläs toteuttaa. Tämän tutkimuksen mallien valmistumisen jälkeen kaupungit ovat avanneet tietovarantojaan yleisölle, ja esimerkiksi Tampereen kaupunkimalli on nykyään avointa

dataa. Kaupunkimallin rakennukset kuitenkin ovat geometrialtaan sotkuisia ja osin melko epätarkkoja. Silti ne voisivat kelvata käytettäväksi tarkoissakin aluemalleissa, esimerkiksi mallin reuna-alueiden esittämiseen. Kaupunkimallin rakennusdatan laskennallinen siivoaminen, esimerkiksi MeshLab-ohjelmalla voisikin olla tutkimisen arvoista.

Joitain käyttötarkoituksia varten aluemalleissa käytettäviä rakennusten malleja voitaisiin tuottaa myös rakennusten tietomalleista. Esimerkiksi, jos aluemallissa halutaan esittää pintageometrialtaan hyvin yksityiskohtaisia rakennusten malleja, ne voisi olla perusteltua generoida rakennusten tietomalleista. Ulkotiloja esittävissä malleissa rakennusvaipan ulkopinnan sisäpuolinen geometria on kuitenkin hyödytöntä, ja kannattaisi siksi poistaa. Hieman yllättäen tehtävä ei vaikuta olevan kovin helppo toteuttaa ja sen ratkaisuja tutkitaan maailmalla edelleen. Esimerkiksi Delftin yliopistossa on kehitetty menetelmiä CityGML LOD3-tasoisten mallien generointiin IFC-tiedostoista ([Donkers, 2013](#)). Myös MeshLab ohjelmalle on olemassa viitteelliset ohjeet monimutkaisen geometrian ulkopinnan löytämiseksi ([Cignoni, 15.4.2009](#)). Aiheesta ei kuitenkaan löytynyt vertailevaa tutkimusta, joten rakennusvaipan ulkopinnan eristämiseen tietomallista sopivien menetelmien käytettävyyden kartoitus olisi hyödyllinen tutkimuskohde.

Myös maanpinnan mallinnuksen menetelmät kaipaavat kehittämistä. Tässä tutkimuksessa esiteltyt kaksi maanpinnan mallintamisen menetelmää antavat viitteitä siitä, että tarkan aluemallin toteuttamiseksi maanpinta olisi mallinnettava useisiin tietolähteisiin tukeutuen. Siksi monilähteen maanpinnan mallintamisen menetelmiä kannattaisi tutkia.

## 5 Yhteenveto

Tässä työssä on tutkittu suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän rakennetta ja aluemallintamisen metodiikkaa. Nopeasti ajatellen voi vaikuttaa epäselvältä miten nuo kaksi aihetta liittyvät yhteen. Vastaus kysymykseen piilee aluetiedon tietovarantojen avautumisessa ja tiedon yhteentoimivuuden parantamiseen tähtäävissä viimeaikaisissa toimissa. Lyhyesti sanottuna aluetiedonhallinta on murroksessa. On ymmärrettävä aluetietoa tuottavan järjestelmän toimintaa pystyäkseen hahmottamaan aluetiedon käytettävyyden tulevaisuutta.

Parannukset aluetiedon saavutettavuudessa ja yhteentoimivuudessa tulevat epäilemättä vaikuttamaan sekä alueidenkäytön hallintajärjestelmän toimintaan, että sen tuottamiin tietoihin ja niiden jatkokäyttömahdollisuuksiin. Toki aluemallien ja virtuaaliympäristöjen tuottaminen on vain yksi näkökulma aluetiedon käytölle.

Juuri nyt olisi hyvä aika pyrkiä vaikuttamaan aluetiedon kokonaisuuden tulevaisuuteen. Vaikuttamisen ei kuitenkaan tarvitse olla ”mielipidekirjoittelua”, vaan myös avattujen tietovarantojen aktiivinen käyttö ja niihin pohjautuvien tuotoksien julkaisu vaikuttavat. Julkiseen käyttöön avattu aluetieto muodostaa laajan, toistaiseksi sekavan verkoston, jossa tiedon tuottajat ja käyttäjät hakevat paikkojaan. Siksi nyt käynnissä olevan murroksen aikana pienetkin tiedon jalostamisen toimet saattavat vaikuttaa kehityksen suuntaan.

Esimerkkinä ilmiöstä on kuntien orastava innostus kaupunkimalleihin. Kaupunkimallien julkaisupalvelut kunnille markkinoineiden yritysten olisi luultavasti ollut vaikea esitellä tuotteitaan uskottavasti ilman avoimeen tietoon perustuvia esimerkkimallinnuksia.

Seuraavassa yhteenvedossa esitetään lyhyesti tämän työn keskeiset havainnot. Osa havainnoista on esitetty tarkemmin aiemmissa yhteenvetoluvuissa 2.7, 3.3, 3.4, 4.4 ja 4.5.

## **5.2 Suomalaisen alueidenkäytön hallintajärjestelmän toiminta**

Hieman yllättäen suomalainen alueidenkäytön hallintajärjestelmä muodostaa johdonmukaisen kokonaisuuden, josta löytyvät nykyaikaisen tiedonhallintajärjestelmän ominaispiirteet. Havainto oli yllättävä, koska ruohonjuuritasolta tarkasteltuna järjestelmä vaikutti aluksi vain sotkuiselta vyyhdiltä. Paljastui kuitenkin, että järjestelmän toiminta on epätarkkaa vain hyvin läheltä, yksittäisten ihmisten tasolta tarkasteltuna. Tämä ruohonjuuritason sekavuus johtuu siitä, etteivät ihmiset toimi kuten koneet vaan tekevät tuon tuosta satunnaisia poikkeuksia. Organisaatioiden ja kokonaisten osaprosessien tasolla järjestelmä toimii kuin suunniteltu. Onkin kiehtova kysymys, onko järjestelmä todellisuudessa suunniteltu vai emergentti.

Tarkempi yhteenvedo havainnon perusteista on esitetty luvuissa 3.3 ja 3.4, joissa esitellään BIMCityssä tehdyn alueidenkäytön hallintajärjestelmän prosessimallinnuksen tuloksia ja niiden pohjalta virinnetä jatkotutkimusaiheita.

### **5.2.1 Verkkottuneiden järjestelmien analyysiä voidaan tehostaa**

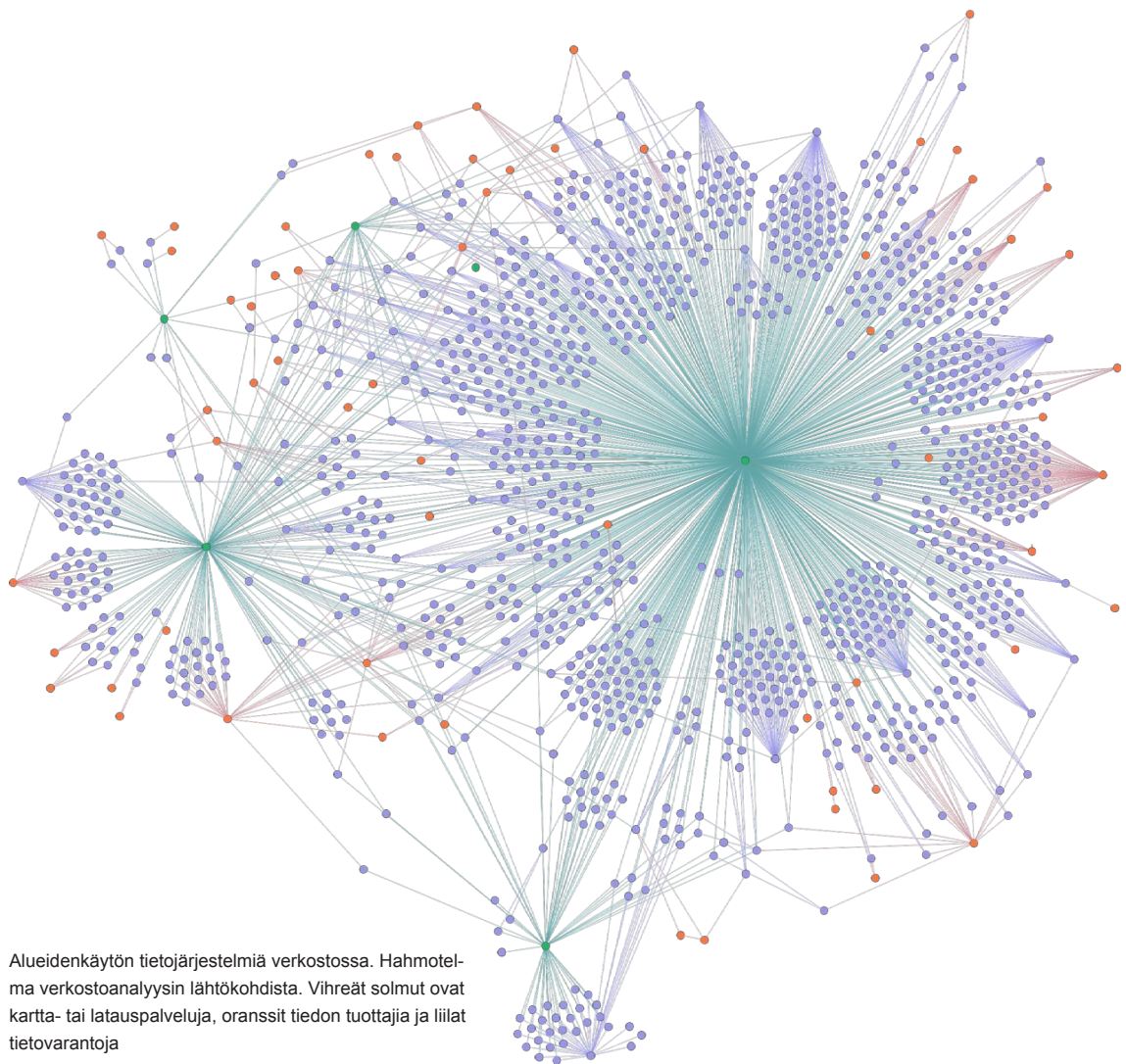
Edelliseen alustukseen vedoten tärkein tässä tutkimuksessa tehty havainto alueidenkäytön hallintajärjestelmästä on, että prosessimallinnuksen sijaan sen rakennetta ja tietovarantoja kannattaisi tutkia verkostanalyysin keinoin.

Ei prosessimallintaminenkaan täysin hyödytöntä ole, mutta sillä vain ei, pohjimmiltaan ihmisten toimintaan perustuvien järjestelmien kuvauksessa päästä kovin tarkalle tasolle. Säännönmukaisiin toimintamalleihin perustuvat järjestelmä on helppo kuvata ylätasolla, mutta kuvauksen tarkentaminen muuttuu askel askeleelta työläämmäksi ja lopulta mahdottomaksi. Tämän vuoksi myös sekalaisen tietovarantovyyhden sitominen karkealla tasolla mallinnettuun prosessiin osoittautui hedelmättömäksi. Näkökulmien yhdistämiseksi olisikin ensin hahmotettava tietovarantojen kokonaiskuva.

Verkostanalyysillä voitaisiin onnistua havainnollisesti kuvamaan aluetiedon tuhansien aineistojen ja kymmenien jakelukanavien sekä tuottajien ja käyttäjien väliset suhteet. Verkoston kuvaaminen paljastaisi siihen kätkeytyneet suurrakenteet.

## **5.3 Aluemallinnuksen menetelmät ja mallien jatkokäyttö**





Aluemallinnuksen menetelmät ja mallien saatavuus avoimena datana kehittyvät huimaa vauhtia. Kokonaisia kaupunkeja kuvaavat aineistot ovat kuitenkin niin laajoja, että niiden tuotannossa on painotettava tuotantonopeutta tarkkuuden kustannuksella. Siksi saatavilla olevat valmiit mallit ovat toistaiseksi liian epätarkkoja moniin käyttötarkoituksiin ja tässä tutkimuksessa esitellyt käsityöpainotteiset aluemallinnuksen periaatteet ovat edelleen käyttökelpoisia.

Tässä tutkimuksessa on esitelty kaupunkimalleja tarkempien virtuaaliympäristöjen toteuttamiseen tähtääviä aluemallinnuksen menetelmiä, jotka vaativat edelleen paljon käsityötä. Virtuaaliympäristön pohjana käytettävien maanpinnan ja rakennusten mallien on oltava riittävän tarkkoja luomaan ympäristön käyttäjälle miellyttävä esteettinen vaikutelma. Virtuaaliympäristöinä julkaistaviksi tarkoitettujen aluemallien rakentaminen onkin vähintään yhtä paljon taidetta kuin tekniikkaa.

Käsityötä voidaan silti tehostaa muokkaamalla työstettävänä olevia malleja sopivissa kohdin laskennallisin menetelmin. Esimerkki tästä on maanpinnan mallintaminen, jossa aineistoja on kyettävä tarpeen mukaan yksinkertaistamaan ja yhdistelemään sekä tuloksina saatuja geometrioita optimoimaan esityskäyttöön. Maanpinnan muotojen käsittely silmämääräisesti olisi paitsi virhealtista, myös toivottoman työlästä.

Luultavasti kolmiulotteisten mallien laskennallisen käsittelyn hyödyt eivät arkkitehdin



työssä myöskään rajoitu virtuaalimallien toteuttamiseen, vaan pikemminkin datan manipuloinnin hallinnasta on tulossa yksi väline suunnittelijan normaalissa työkalupakissa.

Seuraavissa luvuissa esitellään lyhyesti kaksi tärkeintä aluemallinnuksen menetelmillä tehtyihin kokeiluihin liittyvää havaintoa.

### 5.3.1 Virtuaaliympäristöjen toteutus onnistuu joukkoistamalla

Virtuaaliympäristön rakentamisen ja elävöittämisen työläydestä sekä työssä vaadituista monialaisista taidoista johtuen mallintamisen toteuttaminen onnistuisi parhaiten joukkovoimalla.

Joukkoistaminen olisi luultavasti mielekkäintä toteuttaa kaksivaiheisena, niin että pieni ydinryhmä kartoittaa virtuaaliympäristön toteutuksen vaihtoehdot, valitsee ohjelma-alustan ja tekee ympäristön perustamisessa vaadittavan pohjatyön, kuten maanpinnan ja rakennusten mallintamisen. Pohjatyön jälkeinen ympäristön elävöittäminen taas sopisi suuremmalle joukolle vapaaehtoisia.

### 5.3.2 Rakennusten tietomallit sopivat virtuaaliympäristöjen sisätiloiksi

Rakennusten tietomallien käyttö alue- tai kaupunkimallien osina on herättänyt paljon mielenkiintoa. On kuitenkin epäselvää kuinka käyttökelpoisia rakennusten tietomallit olisivat aluemalleissa. Rakennusten tietomallit sisältävät huomattavan määrän aluemallin kannalta hyödytöntä rakennuksen sisäistä geometriaa, eikä rakennusvaipan ulkopinnan eristämistä mallista ole ratkaistu tyydyttävästi. Voi myös olla, ettei esimerkiksi rakennusvalvonnan yhteydessä kerättyjä rakennusten tietomalleja kovin usein julkaista avoimena datana, koska rakennusten sisätilojen julkistamisen mielletään kuuluvan rakennuksen omistajan harkintaan.

Samaan aikaan rakennusvaippojen mallinnusta tukevat mittausmenetelmät kehittyvät nopeasti. Voikin olla, ettei edes rakennusten tietomalleista irrotettuja kuoria saada aluemallien osiksi riittävän nopeasti, vaan mittauksiin perustuvat mallit ottavat niiden paikan.

Sisätilojen julkaisemisen kannalta ongelmattomissa kohteissa, kuten julkisissa rakennuksissa ja uudisasuntotuotannossa rakennusten tietomallit voisivat toimia virtuaaliympäristöjen sisätilojen perustietoina. Laajojen virtuaaliympäristöjen sisätilat ovat yleensä erillisiä malleja, joihin siirrytään ulkotilasta esimerkiksi oveen kiinnitetyn linkin kautta. Kuten virtuaaliympäristön ulkotilat, myös tietomalleista tuotetut sisätilat kaipaavat toki jonkin verran ehostamista, ennen kuin niistä on pelikäyttöön.



# Lähteet

Kaikki lähteet joilla ei ole pysyvää verkko-osoitetta ja joiden käyttörajausmäärittelyt eivät sitä automaattisesti estäneet, on arkistoitu, joko [webcitation.org](http://webcitation.org):iin tai [archive.org](http://archive.org):iin. Vanhimmat lähteet on arkistoitu [webcitation.org](http://webcitation.org):iin ja uudemmat [archive.org](http://archive.org):iin. Arkistointipalvelua on vaihdettu työn kuluessa, koska [webcitation.org](http://webcitation.org) ei kyennyt pysyvästi tallettamaan kaikkien sivujen muotoiluja eikä osaa sivujen kuvista. Valitettavasti tämä pitää paikkansa myös [archive.org](http://archive.org):in kohdalla. [Webcitation.org](http://webcitation.org):iin tallennettujen sivujen lähde-merkinnöissä näytetään talletetun sivun suora osoite. [Archive.org](http://archive.org):iin talletettujen sivujen lähde-merkinnöissä suoraa osoitetta ei näytetä osoitteiden pituuden vuoksi. [Archive.org](http://archive.org):ssa tallenteen löytää käyttämällä alkuperäisen lähteen osoitetta hakusanana.

## Säädökset

Lait ja asetukset

Arkistolaki, (831/1994).

Asetus paikkatietoinfrastruktuurista, (725/2009).

Laki paikkatietoinfrastruktuurista, (421/2009).

Maankäyttö- ja rakennusasetus, (895/1999).

Maankäyttö- ja rakennuslaki, (132/1999).

## Muut säädökset

Arkistolaitos, (AL 9815/07.01.01.00/2008). Sähköisten asiakirjallisten tietojen käsittely, hallinta ja säilyttäminen. Noudettu 2.7.2013: [http://www.arkisto.fi/uploads/normit/valtionhallinto/maarayksetjaohjeet/normiteksti\\_suomi.pdf](http://www.arkisto.fi/uploads/normit/valtionhallinto/maarayksetjaohjeet/normiteksti_suomi.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HoDExBMo>

## Standardit ja ohjeistukset

Euroopan komissio. (8.4.2014). D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.3. Noudettu 18.4.2015: [http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/D2.7\\_v3.3.pdf](http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.7_v3.3.pdf)

Euroopan komissio. (10.12.2013). D2.8.III.2 INSPIRE Data Specification on Buildings – Technical Guidelines. Noudettu 18.4.2015: [http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_BU\\_v3.0.pdf](http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0.pdf)

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. (2007). JHS 162 Paikkatietojen mallintaminen tiedonsiirtoa varten. Noudettu 18.4.2015: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS162/JHS162.html>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XspuMSg1>

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. (2010b). JHS 178 Kunnan paikkatietopalvelurajapinta. Noudettu 18.4.2015: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS178/JHS178.html>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XsqNaldd>

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. (2011). JHS 181 kansilehti. Noudettu 3.7.2013: <http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest/jhs/recommendations/181>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Hpdk1XJV>

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. (5.10.2012). JHS 181 Julkisen hallinnon standardisalkku. Noudettu 5.4.2016: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS181/JHS181.html>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

RT 10-10992. (2010). Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. Rakennustietosäätiö RTS. 2010. Helsinki.

RT 10-11107. (2013). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo. Rakennustietosäätiö RTS. 2013. Helsinki.

RT 10-11067. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11071. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11072. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11074. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissa. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11075. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 10. Energia-analyytit. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11078. (27.03.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

RT 10-11076. (27.3.2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 11. Tietomalliprojektin johtaminen. Rakennustietosäätiö RTS. 2012.

## **Painetut lähteet**

### **Kirjalliset teokset**

Batty M. (2007). Cities and complexity: Understanding cities with cellural automata, agent-based models, and fractals. ISBN 978-0-262-52479-7

Brock J. P. (2000). The evolution of adapvive systems. ISBN 0-12-134740-0

Eastman C., Teicholz P., Sacks R. & Liston K. (2008). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. ISBN 978-0-470-18528-5

Hietanen J. (2005). Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: Filosofinen selvitys tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksista. ISBN 951-682-783-7

Jacobs J. (1961). The death and life of great american cities. ISBN 978-0-712-66583-4

Laitinen J. (1998). Model based construction process management. ISBN 91-7170-301-2

Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J. & Rhind D. W. (2005). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. ISBN 0-471-73545-0

Miller J. & Page S. E. (2007). Complex adaptive systems: An introduction to computational models of social life. ISBN 978-0-691-12702-6

Tieteelliset artikkelit ja julkaisut

Barlish K. & Sullivan K. (2012). How to measure the benefits of BIM — A case study approach. Automation in Construction, Volume 24, July 2012, Pages 149-159, ISSN 0926-5805

Finne C. (2012). The Finnish COBIM project – common national BIM requirements. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: Proceedings of the European conference on product and process modelling 2012, Reykjavik, Islanti, 25.-27.7.2012, s. 811-818. Leiden, Alankomaat: CRC Press/Balkema

Kerosuo, H. Mäki, T. Codinhoto, R. Koskela, L. & Miettinen, R. (2012). In time at last-Adaption of Last Planner tools for the design phase of a building project. In Tommelein I. D. & Pasquire. C.L. (Eds.), 20th Annual Conference of the International Group of Lean Construcion. Are We Near a Tipping Point? 1031-1041. San Diego: Montezuma Publishing.

Kunta, T. (7.1.2015). Opinnäytetyön kirjoittaminen Tampereen teknillisessä yliopistossa. Tampereen teknillinen yliopisto.

Malmi J., Teittinen T., Laitinen J. (2012). Semantic data in Finnish land use management system. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: Proceedings of the European conference on product and process modelling 2012, Reykjavik, Islanti, 25.-27.7.2012, s. 811-818. Leiden, Alankomaat: CRC Press/Balkema

Sacks R., Kaner I., Eastman C., Jeong Y-S. (2010). The Rosewood experiment — Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. Automation in Construction, Volume 19, Issue 4, July 2010, Pages 419-432, ISSN 0926-5805

## Verkkolähteet

### Kirjalliset teokset

- Ahokas N. (2014). 3D-kaupunkimallin tuottaminen ja ylläpito. Opinnäytetyö. Lapin ammattikorkeakoulu. Noudettu 17.4.2015: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014060712131>
- Donkers, S. (2013). Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models. Master's Thesis. Delft University of Technology. Noudettu 4.4.2016: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:31380219-f8e8-4c66-a2dc-548c3680bb8d>
- Hannula J. (2013). Laitossuunnitteluprosessin kehittäminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Noudettu 16.4.2015: <http://www.theseus.fi/handle/10024/55674>
- Helander D. (2014). Assessing alternatives for using building information models to manage initial information in building renovation projects. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Noudettu 16.4.2015: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/13122>
- Häkkinen L. (2012). Diplomityö. Tietomallien hyödyntäminen erikoispuhjarakentamisen tuotanto-organisaatiossa. Noudettu 24.7.2015: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-201210091318>.
- Koistinen M. 2011. Diplomityö. Tilannetietoisuus ja tilannekuva operatiivisessa liikenteenhallinnassa. Noudettu 7.3.2016: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201207022740>
- Koskela L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT publications, 408. ISBN 951-38-5566-X. Noudettu 5.7.2013: <http://urn.fi/urn:nbn:fi:tkk-001187>.
- Kämppi V. 2013. Diplomityö. Tietomallit ja Last Planner -menetelmä rakennustuotannon suunnittelussa ja ohjauksessa. Noudettu 5.4.2015: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ty-201312191509>
- Lineweaver C.H., Davies, P.C.W. & Ruse, M. (2013) What is complexity? Is it increasing?. in "Complexity and the Arrow of Time", Lineweaver C.H., Davies P.C.W. & Ruse M. (eds.), Cambridge University Press, pp 3-16. Noudettu 16.12.2014: <http://www.mso.anu.edu.au/~charley/papers/Chap1Complexity.pdf>. Arkistoitu: <https://archive.org>
- Lääperi L. (2014). Common Operating Picture of Critical Infrastructure: System Design and Implementation. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Noudettu 7.3.2016: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201406272271>
- Mäläskä M. (2011). Elinkaarihankkeen ylläpitomalli. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Noudettu 27.6.2016: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:ty-2011112114896>
- National Institute of Standards and Technology. (21.12.1993). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. Noudettu 15.4.2014: <http://www.ietf.com/pdf/ietf0.pdf>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Or67HkN1>
- National Institute of Standards and Technology. (31.3.2014). Withdrawn FIPS Listed by Number. Noudettu 15.4.2014: <http://www.nist.gov/itl/upload/Withdrawn-FIPS-by-Numerical-Order-Index-4.pdf>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Or3WPAYV>
- Pellinen P. (2016). Developing design process management in BIM based project involving infrastructure and construction engineering. Diplomityö. Aalto yliopisto. ISBN 978-952-317-227-2 Noudettu 26.3.2016: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/opin\\_2016-04\\_developing\\_design\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/opin_2016-04_developing_design_web.pdf).
- Salomaa K. (2014). Tietomallipohjainen yleiskaavoitus - Integroiva työkalu kaavoitukseen. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Noudettu 17.4.2015: <http://hdl.handle.net/10138/135445>
- Vakkilainen, J. (2009). Rakennuksen tietomalli rakennushankkeen suunnitteluvälineenä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Noudettu 14.4.2015: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-200906101077>
- Ympäristöministeriö & Solita Oy. (5.1.2012). RYPK Lupa-asioinnin sähköiset palvelut – Vaatimusmäärittely. Noudettu 25.7.2013: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134778>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6INakYNwK>
- Zhu, L. (2015). A Pipeline of 3D Scene Reconstruction from Point Clouds. Väitöskirja. Aalto-yliopisto. Noudettu 27.3.2016: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-48-0247-8>

## Tieteelliset artikkelit ja julkaisut

Amann J., Borrmann A., Hegemann F., Jubierre J. R., Flurl M., Koch C. & König M. (2013). A refined product model for shield tunnels based on a generalized approach for alignment representation. Proc. of the ICCBEI. Noudettu 28.3.2016: [http://www.cms.bgu.tum.de/publications/Amann\\_2013\\_ICCBEI.pdf](http://www.cms.bgu.tum.de/publications/Amann_2013_ICCBEI.pdf). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Alexander C. (1966). A city is not a tree. Design, No206. Noudettu 18.4.2015: [http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AnaPaulaDALasta/A\\_City\\_is\\_not\\_a\\_Tree.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AnaPaulaDALasta/A_City_is_not_a_Tree.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Xt2KBtY>

Ban H. & Ahlquist O. (2009). User Evaluation of a Software Interface for Communication in Urban Ontologies. Future of Urban Ontologies. Proceedings of the Final Conference of the COST Action C21 – Townology: Urban Ontologies for an Improved Communication in Urban Development Projects. Noudettu 18.4.2015: [http://www.researchgate.net/profile/Jacques\\_Teller/publication/262820698\\_Urban\\_ontologies\\_for\\_an\\_improved\\_communication\\_in\\_urban\\_development\\_projects/links/00b495396b005c6b5b000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Jacques_Teller/publication/262820698_Urban_ontologies_for_an_improved_communication_in_urban_development_projects/links/00b495396b005c6b5b000000.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XsYJXBtT>

Dobson S. (2009). Exploring Informal and Adaptive Ontologies for Communicating Urban Time-Depth in Strategic Planning. Proceedings of the Final Conference of the COST Action C21 – Townology: Urban Ontologies for an Improved Communication in Urban Development Projects. Noudettu 18.4.2015: [http://www.researchgate.net/profile/Jacques\\_Teller/publication/262820698\\_Urban\\_ontologies\\_for\\_an\\_improved\\_communication\\_in\\_urban\\_development\\_projects/links/00b495396b005c6b5b000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Jacques_Teller/publication/262820698_Urban_ontologies_for_an_improved_communication_in_urban_development_projects/links/00b495396b005c6b5b000000.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XsYJXBtT>

Harrison R. (2009). Excavating Second Life: Cyber-archaeologies, heritage and virtual communities. Journal of Material Culture, 14(1). Noudettu 19.4.2015: [http://oro.open.ac.uk/15420/2/Excavating\\_Second\\_Life\\_revised.pdf](http://oro.open.ac.uk/15420/2/Excavating_Second_Life_revised.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XtXeGckV>

Hyvärinen J., Mäkeläinen T., Rekola M. & Törnqvist, J. (2010) InfraTimantti esiselvitys – Loppuraportti. Noudettu 5.4.2016: [http://www.rts.fi/infrabim/InfraTimantti\\_Loppuraportti\\_100615.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/InfraTimantti_Loppuraportti_100615.pdf). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

InfraTM (2010). Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa. Noudettu 5.4.2016: [http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM\\_pilotti\\_Tampere\\_Oulu\\_loppuraportti.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM_pilotti_Tampere_Oulu_loppuraportti.pdf). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Kerosuo H., Mäki T. & Korpela J. (2013). Knotworking - A novel BIM-based collaboration practice in building design projects. Proceedings of the 5th International Conference on Construction Engineering and Project Management ICCEPM, s. 9-11. Noudettu 22.4.2015: [http://www.helsinki.fi/cradle/bim/ICCEPM\\_2013\\_KNOTWORKING\\_re-submitted.pdf](http://www.helsinki.fi/cradle/bim/ICCEPM_2013_KNOTWORKING_re-submitted.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Xz8Y3Yjk>

Lappalainen Y. (2013). Retki maailmojen rajoille: Avoimen lähdekoodin virtuaalimaailmoja vertailemassa. AVO2 / 3DM-osahankkeen julkaisuja. Noudettu 18.4.2015: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9340-9>

Malmi J. (2011). Virtuaalimaailma rakennetun ympäristön käyttöliittymänä. Abstrakti. Arkkitehtuuritutkimuksen päivät 2011: Tutkimus ja käytäntö / Proceedings of the 3rd Symposium of Architectural Research 2011: Research & Praxis, s. 443-444. Noudettu 20.4.2015: <http://herkules oulu.fi/isbn9789514299827/isbn9789514299827.pdf>

Malmi J. (2014). Rakennusvalvontojen kanssa toteutetut kehitys- ja pilottihankkeet. PRE Results Report. Noudettu 27.3.2016: <http://rym.fi/wp-content/uploads/2014/06/Raportti-Rakennusvalvontojen-kanssa-tehty-kehitystyö-BIMCity-työpaketissa.pdf>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Surakka T. (2012). Different virtual environments – something for everyone. Noudettu 5.4.2016: <http://www.inter-disciplinary.net/wp-content/uploads/2012/02/teemuepaper.pdf>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

## Muut julkaisut

Ben-Chen M. & Lin A. L. (2010). Mesh Simplification. Kurssimateriaali. Stanford Computer Graphics Laboratory. Noudettu 2.4.2016: [http://graphics.stanford.edu/courses/cs468-10-fall/LectureSlides/08\\_Simplification.pdf](http://graphics.stanford.edu/courses/cs468-10-fall/LectureSlides/08_Simplification.pdf). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

BuildingSmart International. (2015). buildingSMART MVD for LandXML v1.2. Noudettu 18.4.2015: [http://cic.vtt.fi/bSI\\_LandXML12\\_MVD/](http://cic.vtt.fi/bSI_LandXML12_MVD/)

Eurostat, 2009. YOUTH IN EUROPE – A statistical portrait. ISBN 978-92-79-12872-1. Noudettu 20.3.2016: <http://www.europarl.europa.eu/euroscola/resource/static/files/youth-in-europe.pdf>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Häkli P., Puupponen J., Koivula H. & Poutanen M., (2009) Suomen geodeettiset koordinaatit ja niiden väliset muunnokset. Tiedote. Geodeettinen laitos. Noudettu 23.4.2014: <http://www.fgi.fi/fgi/sites/default/files/publications/gltiedote/GLTiedote30.pdf>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6P3L22SLR>

Järvinen T. (10.4.2011). Erään rakennuksen tietomallitarina talotekniikan näkökulmasta. tietomalli.blogspot.fi. Kirjoittelua tietomallintamisesta talotekniikkaväitteisesti. Verkkojulkaisu. Noudettu 16.4.2015: <http://tietomalli.blogspot.fi/2011/04/eraan-rakennuksen-tietomallitarina.html>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Xq499Emb>

Järvinen T. (16.5.2015). Bigroom vs. Knotworking. tietomalli.blogspot.fi. Kirjoittelua tietomallintamisesta talotekniikkaväitteisesti. Verkkojulkaisu. Noudettu 26.3.2016: <http://tietomalli.blogspot.fi/2015/05/bigroom-vs-knotworking.html>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Kansallinen digitaalinen kirjasto, (2011a). Tiedostomuotojen pysyvyyden arviointi. Säilytys- ja siirtokelpoiset tiedostomuodot, (s. 18). Noudettu 27.6.2012.: <http://www.kdk.fi/images/stories/tiedostot/kdk-pas-tiedostomuodot.pdf>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68jV5VscL>

Kansallinen digitaalinen kirjasto, (2011b). Kansallisen digitaalisen kirjaston pitkäaikaissäilytysratkaisun toteuttamissuunnitelma. Noudettu 29.6.2012: [http://www.kdk.fi/images/stories/tiedostot/kdk\\_pas\\_toteuttamissuunnitelma.pdf](http://www.kdk.fi/images/stories/tiedostot/kdk_pas_toteuttamissuunnitelma.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68mb0NsCe>

Maa- ja metsätalousministeriö, (2004). Kansallinen paikkatietostrategia 2005-2010. Noudettu 13.6.2013: [http://www.hare.vn.fi/upload/Julkaisu/6507/2439\\_MMMjulkaisu2004\\_10.pdf](http://www.hare.vn.fi/upload/Julkaisu/6507/2439_MMMjulkaisu2004_10.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HLQip5YV>

Maa- ja metsätalousministeriö, (2010). Sijainti yhdistää – Kansallinen paikkatietostrategia 2010–2015. Noudettu 4.4.2016: [https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f390fb35-ce28-4617-8905-94e2faadfc6c&groupId=108478](https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=f390fb35-ce28-4617-8905-94e2faadfc6c&groupId=108478). Arkistoitu: <https://web.archive.org/web>

Rakennustietosäätiö RTS, buildingSMART Finland & RIBA Enterprises Ltd. (2013). Finnish BIM Survey 2013. Noudettu 16.4.2015: [http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/tiedostot/tietomallikyselyn\\_tulokset.zip](http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/tiedostot/tietomallikyselyn_tulokset.zip). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Xq6Gs5ew>

Valtioneuvoston kanslia, 2015. Ratkaisujen Suomi – Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. ISBN 978-952-287-181-7

Valtiovarainministeriö (2012). SAD-ohjelma: avoimen lähdekoodin toimintamalli. Noudettu 24.4.2014: [http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/03\\_muut\\_asiakirjat/SADe\\_-\\_Avoimen\\_lhdekoodin\\_toimintamalli\\_-\\_v2012-12-19.pdf](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/SADe_-_Avoimen_lhdekoodin_toimintamalli_-_v2012-12-19.pdf). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6P4NbKx1r>

Wikikirjasto (2015). Virtuaalimaailmat. Viisautta virtuaalimaailmoin ja lisättyyn todellisuuteen. fi.wikibooks.org. Noudettu 16.2.2016: [https://fi.wikibooks.org/w/index.php?title=Viisautta\\_virtuaalimaailmoin\\_ja\\_lis%C3%A4ttyyn\\_todellisuuteen/Virtuaalimaailmat&oldid=104895](https://fi.wikibooks.org/w/index.php?title=Viisautta_virtuaalimaailmoin_ja_lis%C3%A4ttyyn_todellisuuteen/Virtuaalimaailmat&oldid=104895)

Ympäristöministeriö, 2011. Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Noudettu 18.12.2014: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B4A092091-75FE-4090-B630-D24631212388%7D/32105>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

## Esitykset

Savisalo A., (10.2.2015) KM3D-HANKE: KOHTI 3DKAUPUNKIMALLIA. Esitys3D Suomen Kuntaliiton Kuntien Paikkatietoseminaarissa 10.2.2015. Noudettu 5.4.2016: [https://koulutus.fcg.fi/Portals/2/Dokumentit/Savisalo%20Anssi\\_KPY\\_paikkatietoseminaaari\\_Savisalo\\_100215.pdf](https://koulutus.fcg.fi/Portals/2/Dokumentit/Savisalo%20Anssi_KPY_paikkatietoseminaaari_Savisalo_100215.pdf). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Soukki K., (2012). CASE: Asemakaava-aineistojen hyödyntäminen. Esitys Inspire-verkoston yhteistyö-työryhmän työpajassa 21.11.2012. Noudettu 6.6.2013: [http://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document\\_library/get\\_file?p\\_id=110775&folderId=358623&name=11902](http://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?p_id=110775&folderId=358623&name=11902). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HAeu4nyO>

Verkkosivut

Arkistolaitos, 2011. Arkistolaitos käynnistänyt SÄHKE3-normin suunnittelun. www.arkisto.fi. Noudettu 6.3.2016: <http://www.arkisto.fi/news/532/151/Arkistolaitos-kaeynnistaenyt-SaeHKE3-normin-suunnittelun>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Arkistolaitos, (2012). SÄHKE-määräykset. Noudettu 12.12.2012: <http://www.arkisto.fi/fi/palvelut/julkisen-hallinnon-saehkoeiset-palvelut/saehke-maeaeraeykset>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6CqwZWgAi>

Arkistolaitos, 2013b. Asiakirjaluvutukset ja siirrot. Noudettu 18.7.2013: <http://www.arkisto.fi/fi/arkistolaitos/tehtavat/siirrot>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Arkistolaitos, 2015. Rekisterit ja tietokannat. www.arkisto.fi. Noudettu 21.3.2015: <http://www.arkisto.fi/fi/palvelut/julkisen-hallinnon-saehkoeiset-palvelut/saehkoeinen-saeilyttaaminen-6/rekisterit-ja-tietokannat>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>



Arkistolaitos, 26.08.2015. Kansallisarkisto luopuu sähköisestä arkistointijärjestelmästä. [www.epressi.com](http://www.epressi.com/tiedotteet/koulutus/kansallisarkisto-luopuu-sahkoisesta-arkistointijarjestelmastaan.html). Noudettu 13.3.2016: <http://www.epressi.com/tiedotteet/koulutus/kansallisarkisto-luopuu-sahkoisesta-arkistointijarjestelmastaan.html> Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Bourke P., (2014). Texture, Colour, and Tilings. [paulbourke.net](http://paulbourke.net). Noudettu 21.4.2014: [http://paulbourke.net/texture\\_colour/](http://paulbourke.net/texture_colour/). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6OzwGB4rC>

BuidingSMART International Ltd., (2016a). Ongoing projects. [www.buildingsmart-tech.org](http://www.buildingsmart-tech.org). Noudettu 27.3.2016: <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

BuildingSmart International. (2016b). Summary of IFC Releases. Noudettu 5.4.2016: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

BuildingSmart International. (2016c). Summary of IFC Releases. Noudettu 5.4.2016: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Cignoni P., (15.4.2009). How to remove internal faces with MeshLab. Noudettu 4.4.2016: <http://meshlabstuff.blogspot.fi/2009/04/how-to-remove-internal-faces-with.html>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Epic (Epic Games Inc.), 2016. What is UnrealEngine 4. Noudettu 20.2.2016: <https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>. Arkistoitu: <https://web.archive.org/web/20160220192655/https://www.unrealengine.com/what-is-unreal-engine-4>

Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.). 2015. 3D Cities. Noudettu 19.4.2015: <http://desktop.arcgis.com/en/3d/3d-cities/>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XuFSLHb>

Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.). 2016. Esri CityEngine Features. Noudettu 20.2.2016.: <http://www.esri.com/software/cityengine/features>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Google, (2008). Modeling a City. [sketchup.google.com](http://sketchup.google.com). Noudettu 23.2.2016: [https://web.archive.org/web/20130320001427/http://static.googleusercontent.com/external\\_content/untrusted\\_dlcp/www.google.com/en/us/intl/en/sketchup/3dwh/pdfs/modeling\\_a\\_city.pdf](https://web.archive.org/web/20130320001427/http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/www.google.com/en/us/intl/en/sketchup/3dwh/pdfs/modeling_a_city.pdf)

Google, (10.7.2008). Announcing the winners of the 2008 Model Your Campus Competition. Noudettu 4.4.2016: <https://blog.sketchup.com/sketchupdate/announcing-winners-2008-model-your-campus-competition>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Google, (2013). User generated 3D model pipeline has been retired October 1st, 2013. [groups.google.com](https://groups.google.com). Noudettu 26.4.2014: <https://groups.google.com/forum/#!msg/3dwh/epXUQA2bJ2s/pw7G8E6wtZ4J>. Arkistointi estetty.

Hämeenlinnan kaupunki, (10.3.2016). Cities: Skylines - Hämeenlinna, modaa kaupunki mieleiseksi. Noudettu: 5.4.2016: <http://www.hameenlinna.fi/skylines/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Jyväskylän yliopisto, (10.4.2015). Verkostoanalyysi. Noudettu 4.4.2016: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/aineiston-analyysimenetelmät/verkostoanalyysi>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Kansallinen digitaalinen kirjasto, (2012). [www.kdk.fi](http://www.kdk.fi). Noudettu 27.6.2012: <http://www.kdk.fi/>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68jTFBKqS>

Kivekäs O., 20.1.2015. Kukaan ei ole diginatiivi. [otsokivekas.fi](http://otsokivekas.fi). Noudettu 20.3.2016: <http://otsokivekas.fi/2015/01/kukaan-ei-ole-diginatiivi/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Knowledge Based Systems, Inc., (2014). Downloads. [www.ideal.com](http://www.ideal.com). Noudettu 15.4.2014: <http://www.ideal.com/Downloads.htm>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Or4P6MaP>

Kupiainen R., 16.4.2013. Diginatiivit ja käyttäjälähtöinen kulttuuri. [widerscreen.fi](http://widerscreen.fi). Noudettu 20.3.2016: <http://widerscreen.fi/numerot/2013-1/diginatiivit/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

LandXML.org (2016). LandXML Schema Versions & Specifications. Noudettu 28.3.2016: <http://www.landxml.org/Spec.aspx>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Linden Lab (Linden Research Inc.), 2015. Terms of Service. Noudettu 19.4.2015: <http://www.lindenlab.com/tos#tos5>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XuQwaL3S>

Maanmittauslaitos, (2013a). Tietoa Inspire-direktiivistä. [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi). Noudettu 7.1.2013: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/tietoa-inspiresta>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6DWE06Peq>

Maanmittauslaitos, (2013b). Kunnat ja Inspire-direktiivi. [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi). Noudettu 13.6.2013: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kunnat>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HLLjbDYe>

Maanmittauslaitos, (2013c). Aineistoluettelo ja paikkatietoryhmät. [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi). Noudettu 19.6.2013: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/aineistoluettelo-ja-paikkatietoryhmat>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HULCWpWq>

Maanmittauslaitos, (2013d). Kansallinen paikkatietostrategia. [www.paikkatietoikkuna.fi](http://www.paikkatietoikkuna.fi). Noudettu 2.7.2013: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/inspire-verkosto/paikkatietostrategia>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HoRFjREA>

Maanmittauslaitos, (2016). Korkeusmalli 2 m. Noudettu 26.3.2016: <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/korkeusmalli-2-m>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Open Geospatial Consortium, (2012a). CityGML. [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org). Noudettu 25.6.2012: <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68gcfQL9x>

Open Geospatial Consortium, (2012b). Geography Markup Language. [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org). Noudettu 25.6.2012: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68gYd6OXG>

Open Geospatial Consortium, (2012c). KML. [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org). Noudettu 25.6.2012: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/68gc3KuKC>

Open Geospatial Consortium, (2012e). OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Noudettu 4.12.2014 <http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6UZYJGbJq>

Open Geospatial Consortium, (2013a). Web Map Service. [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org). Noudettu 11.3.2013: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6F2xVpICc>

OpenGeospatial Consortium, (2013b). OpenGIS Web Map Tile Service Implementation Standard. [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org). Noudettu 11.3.2013: <http://www.opengeospatial.org/standards/wmts>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6F2xdorpi>

OVH (OVH HOSTING Oy), 2015. VPS Classic: Edullisin VPS. Noudettu 23.4.2015: <https://www.ovh-hosting.fi/vps/vps-classic.xml>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Y0fOzRUS>

Putkonen S., (2011). KRYSP luo pohjaa sähköisille kuntapalveluille. Positio-lehti. (3/2011). Noudettu 7.1.2013: [http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio\\_3\\_2011\\_krysp\\_luo\\_pohjaa\\_sahkoisille\\_kuntapalveluille](http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_3_2011_krysp_luo_pohjaa_sahkoisille_kuntapalveluille). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6DWECSd9d>

RYM Oy, 2014. WP6 BIMCity. Noudettu 28.2.2016: <http://rymreport.com/pre/work-packages/bimcity/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Sanastokeskus TSK ry, (2012a). TEPA-termipankki. [www.tsk.fi/tepa](http://www.tsk.fi/tepa). Noudettu 11.12.2012: <http://www.tsk.fi/tepa/netmot.exe>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Cpuc6sGO>

Sanastokeskus TSK ry, (2012b). TEPA-termipankki. [www.tsk.fi/tepa](http://www.tsk.fi/tepa). Noudettu 11.12.2012: <http://www.tsk.fi/tepa/netmot.exe>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6CpuzAqWL>

Scarponcini P. (2.9.2014). OGC and buildingSMART International developing InfraGML, a new standard for land and infrastructure information. [www.opengeospatial.org/blog](http://www.opengeospatial.org/blog). Noudettu 28.6.2016: <http://www.opengeospatial.org/blog/2098>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Suomen Kuntaliitto, (19.5.2011). KuntaGML-hanke. [www.kunnat.net](http://www.kunnat.net). Noudettu 13.6.2013: <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/mal/verkko-opaat/paikkatiedon-opas/kunta-gml>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HLK0N6aN>

Suomen Kuntaliitto, 2016. KuntaTietoPalvelu avaa kuntien tietovarannot helposti löydettävässä muodossa. Noudettu 27.2.2016: <http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/uuksia/2016/Sivut/ktp-avattiin.aspx>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Suomen Paikkatietoklusteri, (30.10.2015). Paikkatietoklusterin kannanotto Oskari-ohjelmiston markkinoinnista. Noudettu 25.3.2016: <http://flic.fi/2015/10/30/verkostoituneesta-yhteistoiminnasta-uutta-tehoa-paikkatietoalan-vientiin/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Tilastokeskus, (15.3.2016). Rakennuskustannusindeksi. Noudettu 5.4.2016: <http://tilastokeskus.fi/til/rki/index.html>. Arkistointi estetty

Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus Valtori (10.03.2015). Taustatietoa. Noudettu 3.4.2016: <https://www.avoindata.fi/content/taustatietoa>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Valtion tieto- ja viestintätekniikkakeskus Valtori (11.3.2015). Yhteentoimivuus.fin toiminta päättyy 16.3.2015 - materiaali käytettävissä Avoindata.fi-palvelussa. Noudettu 6.3.2016: [http://www.valtori.fi/fi-FI/Yhteentoimivuus.fin\\_toiminta\\_paatty\\_16.\(1681\)](http://www.valtori.fi/fi-FI/Yhteentoimivuus.fin_toiminta_paatty_16.(1681)). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Valtiovarainministeriö, (2013a). Rakennettu ympäristö ja asuminen. Noudettu 8.1.2013: [http://www.vm.fi/vm/fi/05\\_hankkeet/023\\_sade/02\\_palvelukokonaisuudet/03\\_ymparisto](http://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/023_sade/02_palvelukokonaisuudet/03_ymparisto). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6DWG2p4oc>

Valtiovarainministeriö, (2013b). Sähköisen asiainnin ja demokratian vauhdittamisohjelma. Noudettu 14.6.2013: [http://www.vm.fi/vm/fi/05\\_hankkeet/023\\_sade/](http://www.vm.fi/vm/fi/05_hankkeet/023_sade/). Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HMHMf38d>

Tampereen teknillinen yliopisto, Virtuaalirakentamisen laboratorio. 2010. Malmiiniitty, Ketterä Aluemalli -pilotti. Noudettu 19.4.2015: <https://webhotel2.tut.fi/vblab/prodigi/index.php/VVO/NCC>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6XulkiMuG>

Vianova (Vianova Systems Finland Oy), 2015. Novapoint VDC Live. Noudettu 19.4.2015: <http://www.vianova.fi/tuotteet/novapoint-vdc-live/>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6Xul8ZArM>

Viasys (Viasys VDC Oy). (2016a). Ratkaisut ja tuotteet. Noudettu 20.2.2016: <http://www.viasys.fi/ratkaisut/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Viasys (Viasys VDC Oy). (2016b). Viasys VDC Live. Noudettu 20.2.2016: <https://live.vianova.fi/vianova/public/>. Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Wikipedia, (6.5.2012). Structured Analysis and Design Technique. Noudettu 20.6.2012: [http://en.wikipedia.org/wiki/Structured\\_Analysis\\_and\\_Design\\_Technique](http://en.wikipedia.org/wiki/Structured_Analysis_and_Design_Technique)

Wikipedia, (21.6.2015). Information model. Noudettu 5.4.2016: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Information\\_model&oldid=668012469](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Information_model&oldid=668012469)

Ympäristöministeriö, 16.9.2013. Maankäytön suunnittelujärjestelmä. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi). Noudettu 28.12.2013: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Maankayton\\_suunnittelujarjestelma](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma). Arkistoitu: <https://web.archive.org>

Ympäristöministeriö, (5.6.2013) Elinympäristön tietopalvelut. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi). Noudettu 17.6.2013: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26807&lan=FI>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HRGXtOeH>

Ympäristöministeriö, (8.5.2013). Asumisen palvelut. Noudettu 17.6.2013: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26806&lan=FI>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HRGJwRvf>

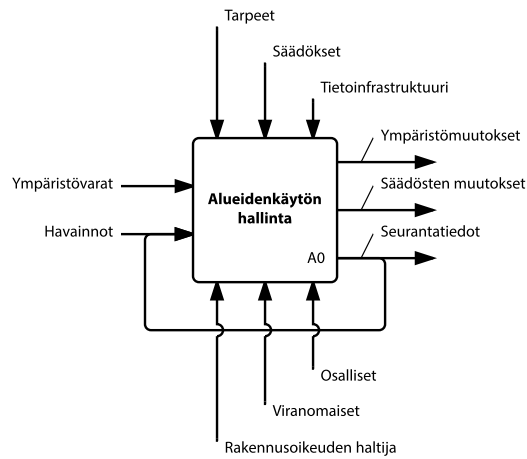
Ympäristöministeriö, (14.1.2013). Rakentamisen lupapalvelut. Noudettu 17.6.2013: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26805&lan=FI>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org/6HRGARID9>

Ympäristöministeriö, (22.5.2012). Asumisen ja Rakentamisen ePalvelut. Noudettu 30.5.2013: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=407529&lan=fi&clan=fi>. Arkistoitu: <http://www.webcitation.org>

## Kirjeenvaihto

Eräkaski M. (2013). Kirjeenvaihto, Eräkaski Mikko. BIMCityn raportin: "Rakennusvalvontojen kanssa toteutetut kehitys ja pilottihankkeet" kirjoittamisen yhteydessä. Kirjeenvaihtoa ei ole julkaistu PRE-hankkeen ulkopuolella.

LIITE A: Suomalaisen alueidenhallintajärjestelmän malli

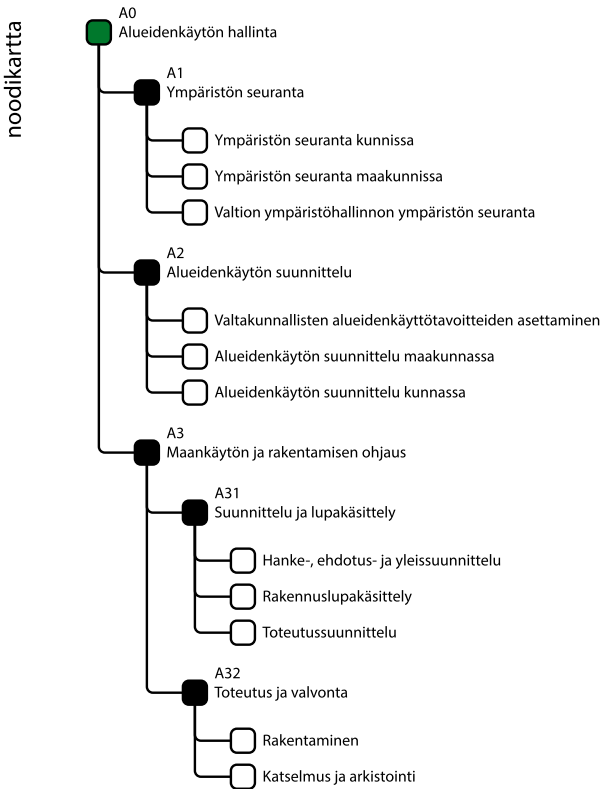


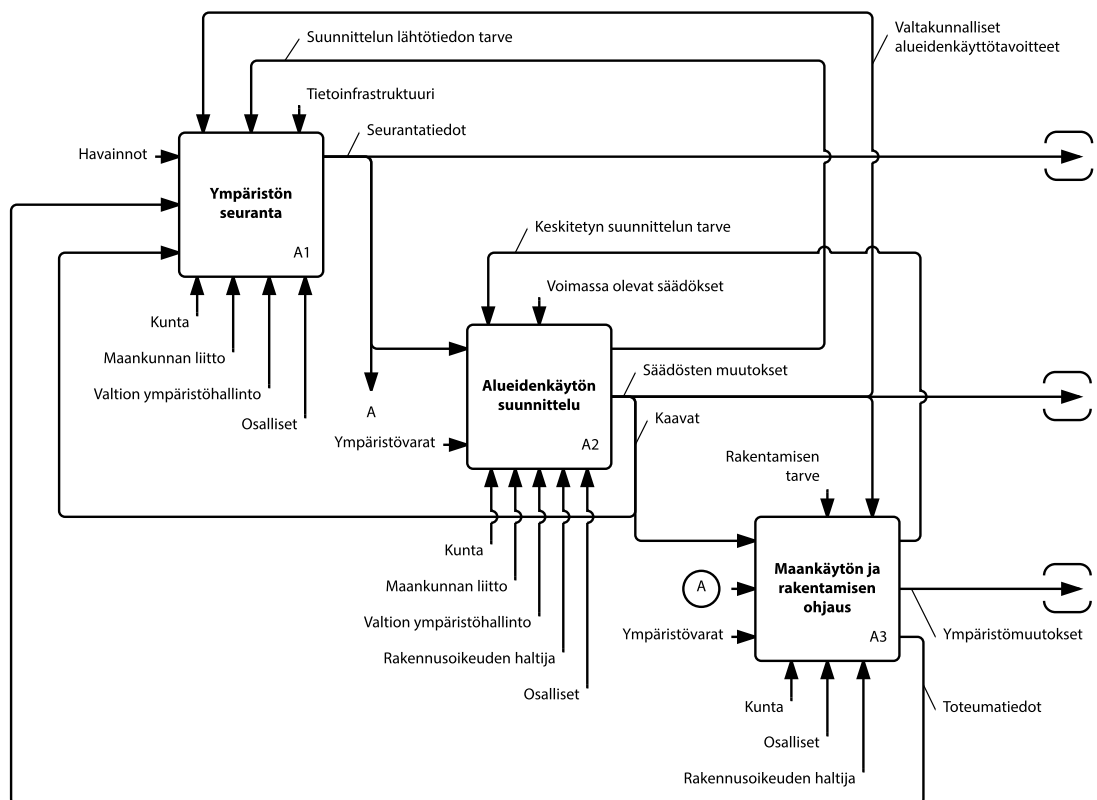
noodi

otsikko

AkS / A-0

Alueidenkäyttö Suomessa





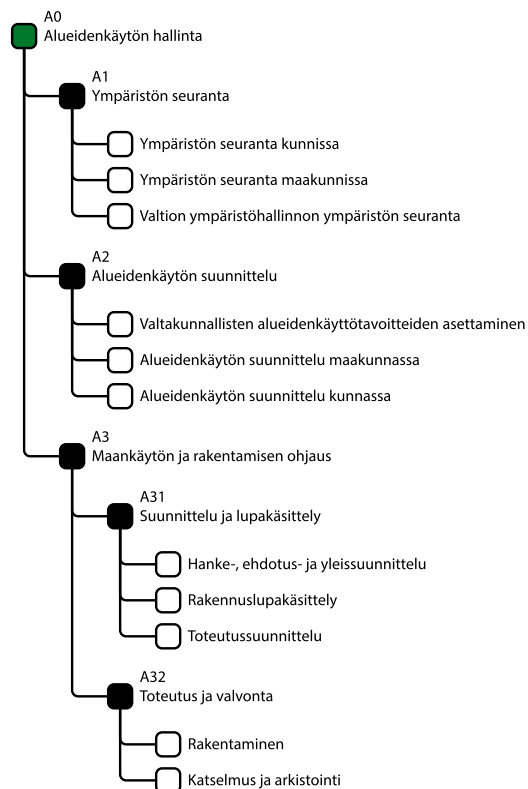
noodi

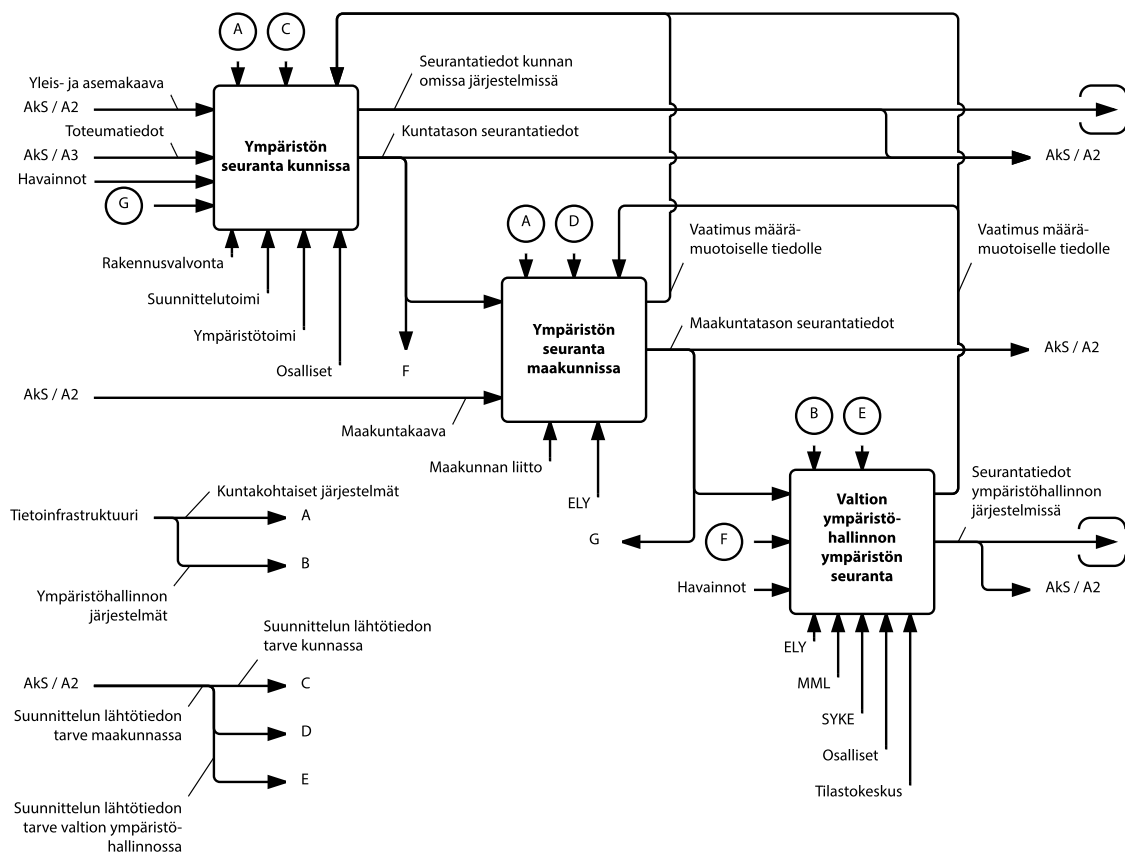
otsikko

AkS / A0

Alueidenkäytön hallinta

noodikartta





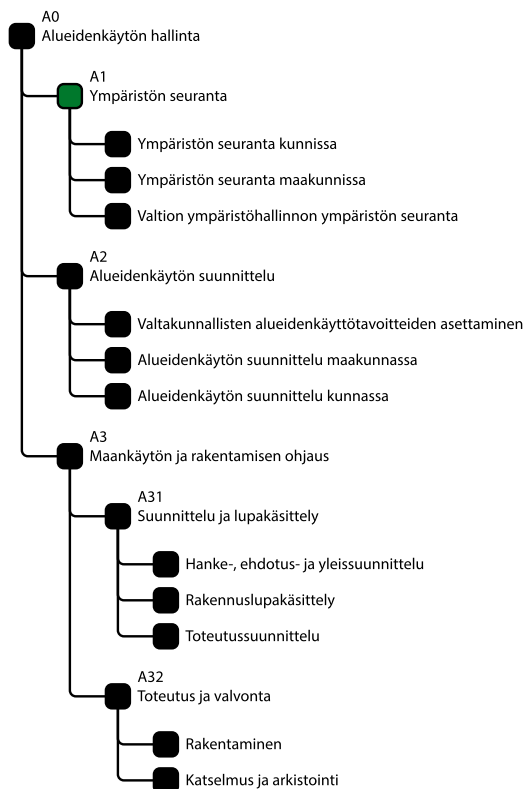
noodi

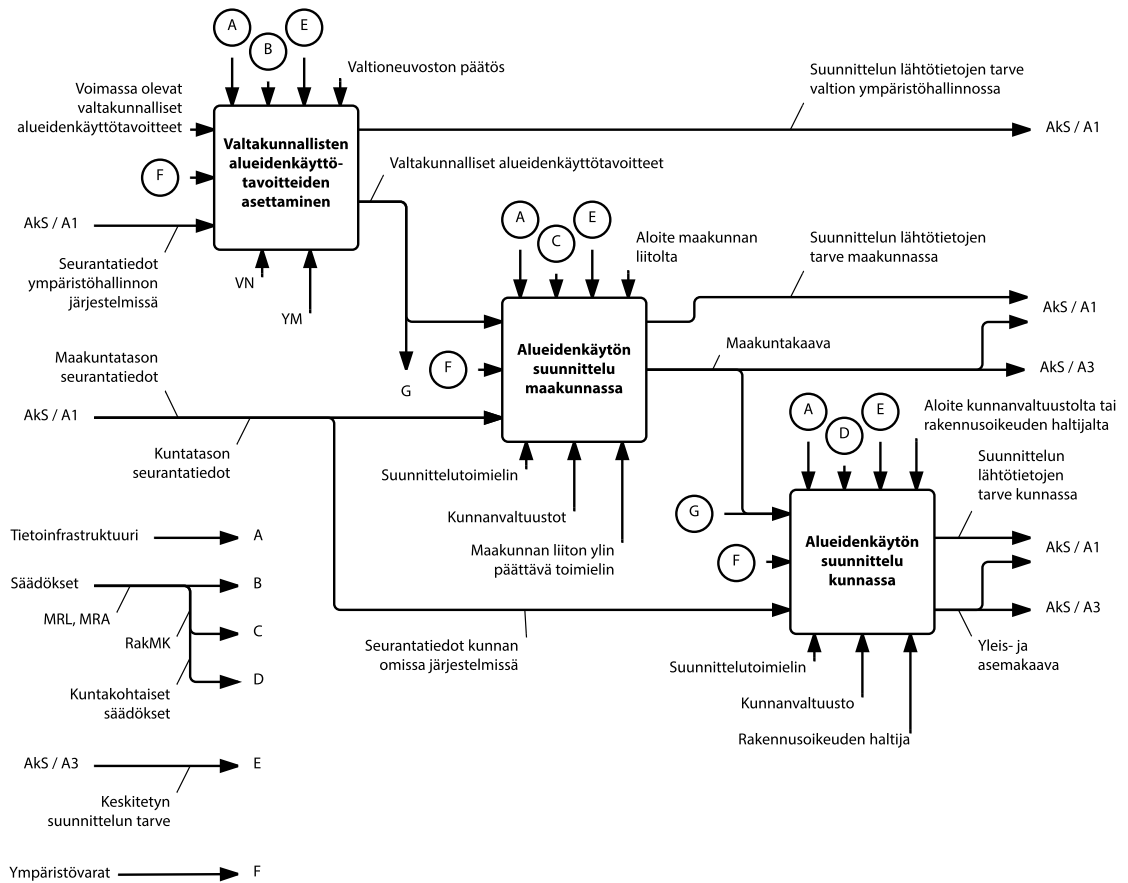
otsikko

AkS / A1

Ympäristön seuranta

noodikartta



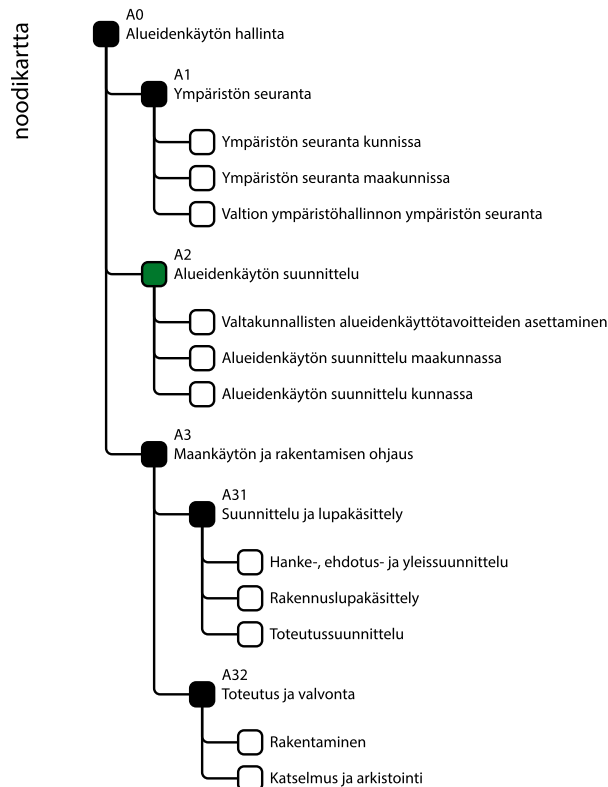


noodi

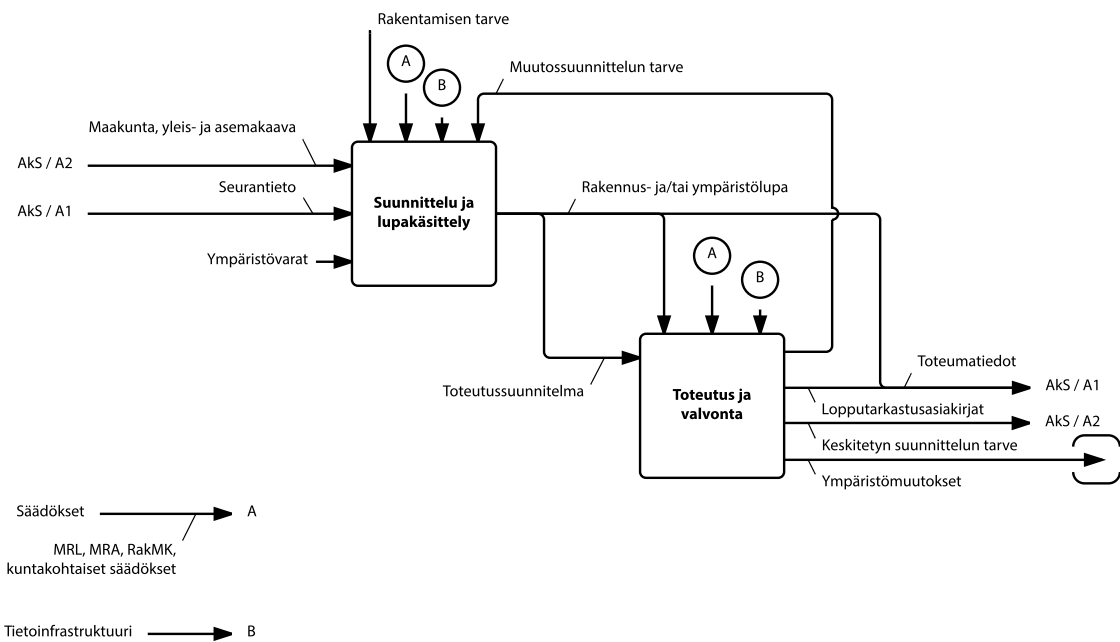
otsikko

AkS / A2

Alueidenkäytön suunnittelu







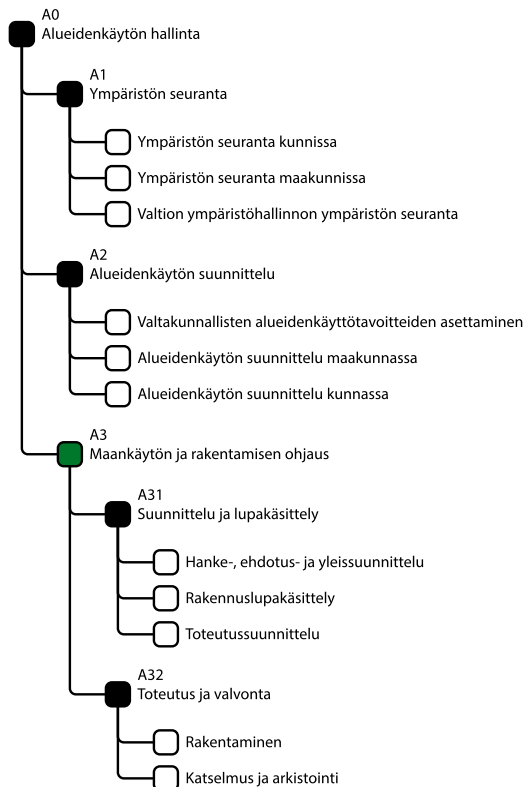
noodi

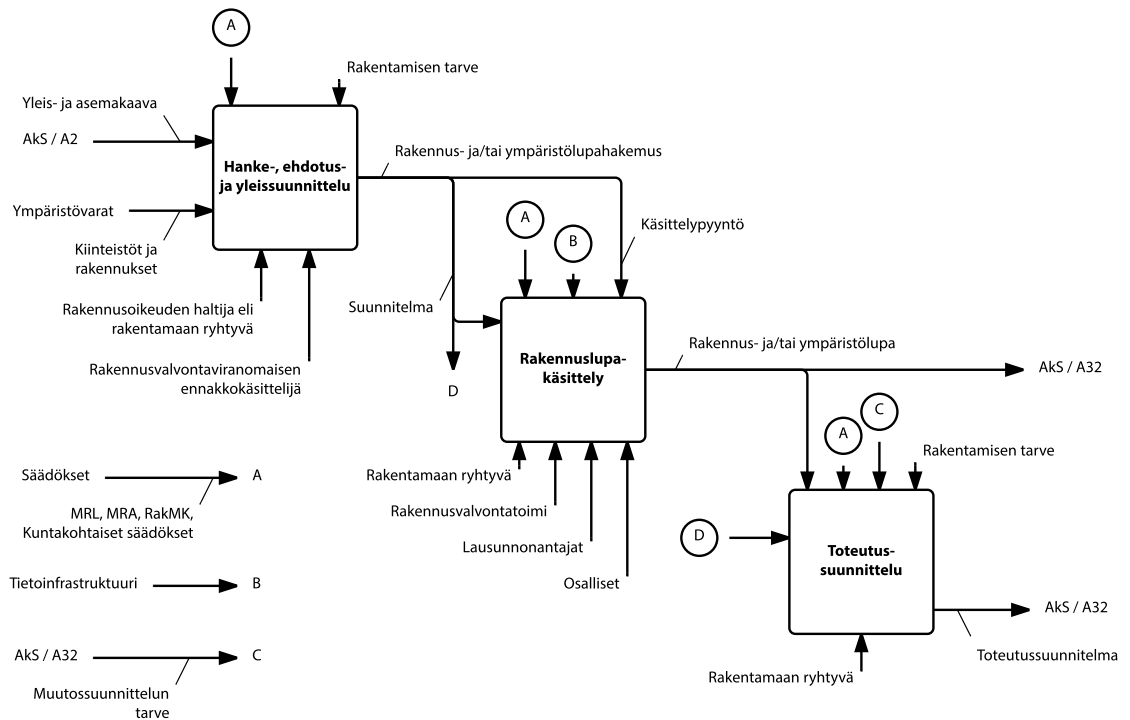
otsikko

AkS / A3

Maankäytön ja rakentamisen ohjaus

noodikartta



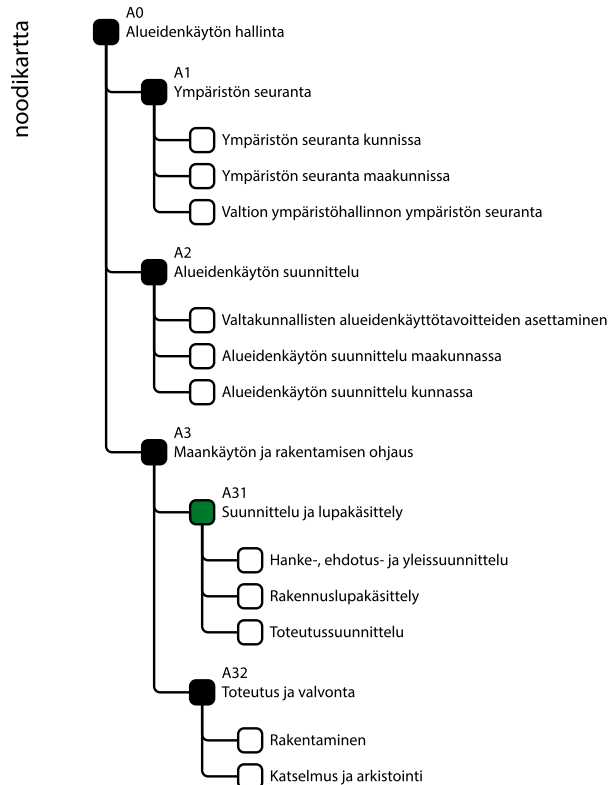


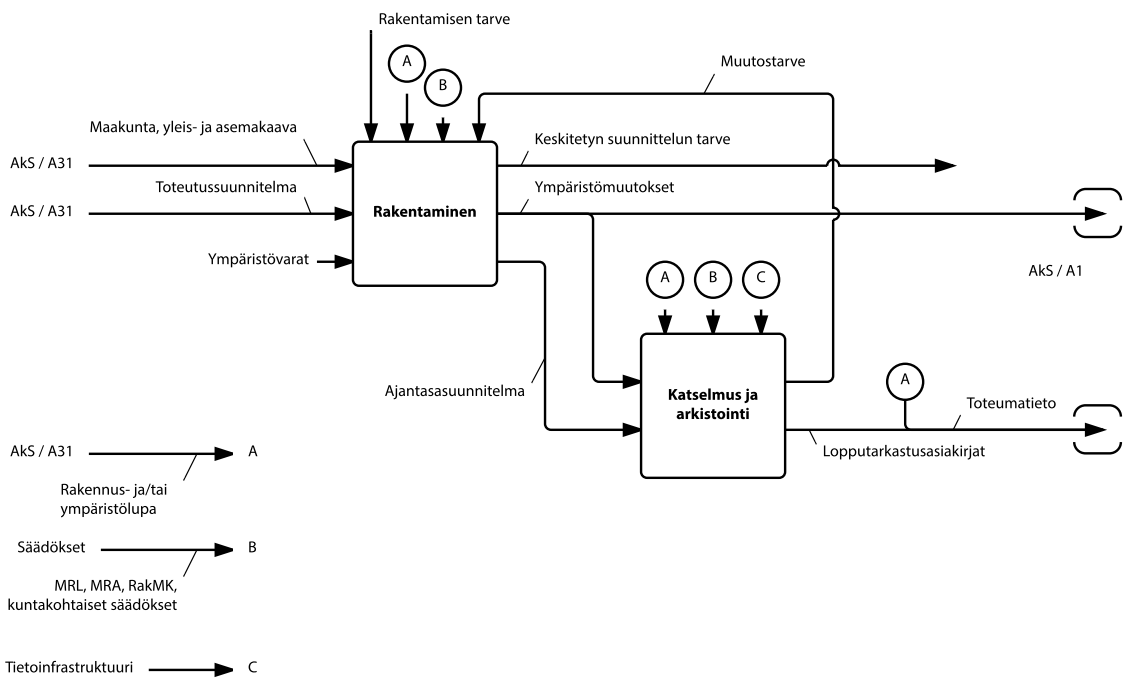
noodi

otsikko

AkS / A31

Suunnittelu ja lupakäsittely





noodi

otsikko

AkS / A32

Rakentaminen ja valvonta

